This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

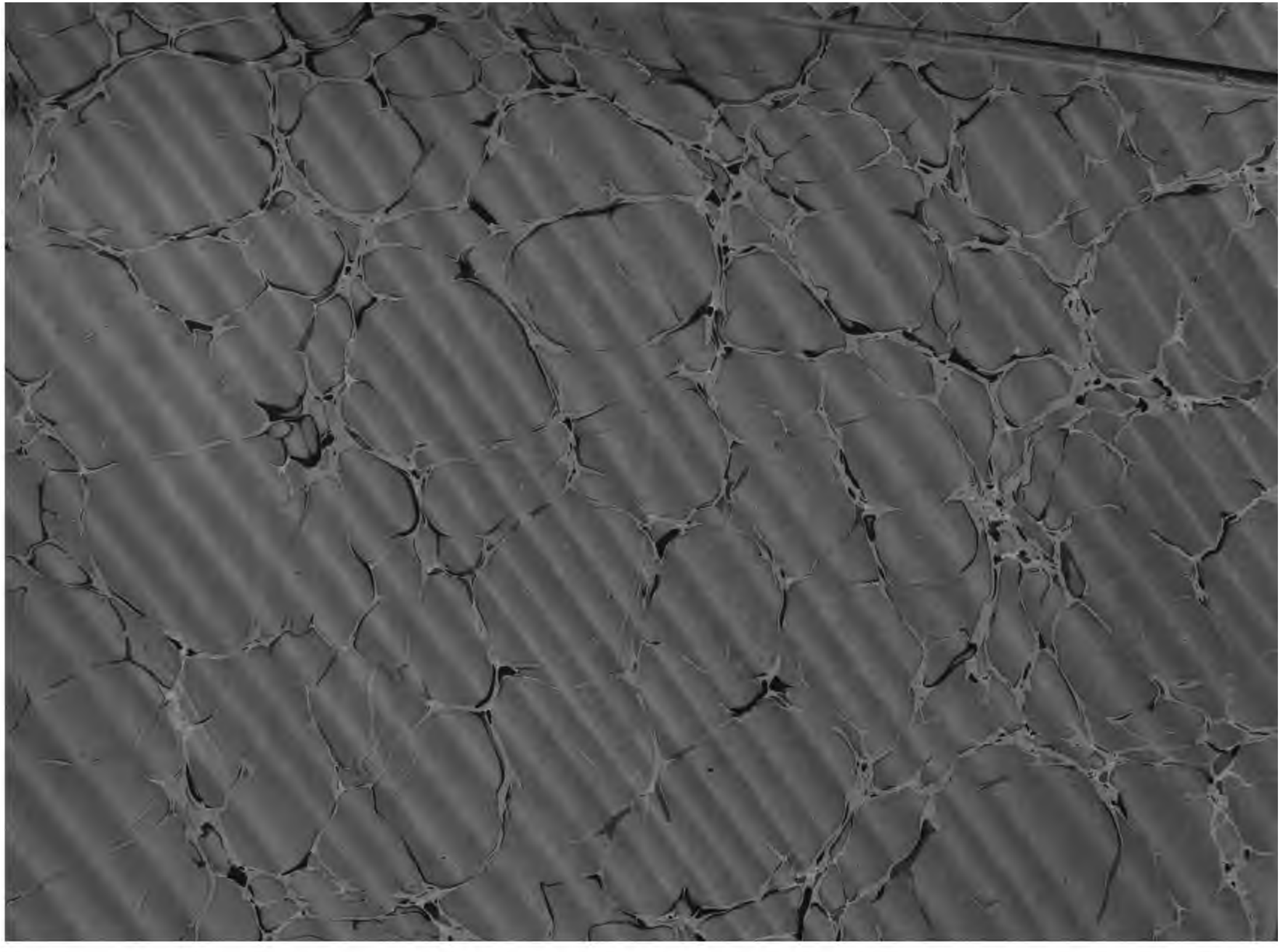
+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TRANSPORTATION
LIBRARY



rtation
nary
A
3
25

TRAVAUX PUBLICS

DES

ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

EN 1870

RAPPORT DE MISSION

TRAVAUX PUBLICS

DES

ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

EN 1870

RAPPORT DE MISSION

PAR

M. MALÉZIEUX

INGÉNIEUR EN CHEF

PROFESSEUR A L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES

PUBLIÉ PAR ORDRE

DE

M. LE MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS

TEXTE

PARIS

DUNOD, ÉDITEUR

LIBRAIRE DES CORPS DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES

49, QUAI DES AUGUSTINS, 49

1873

Tous droits réservés

Transport.

TRAVAUX PUBLICS DES ÉTATS-UNIS

EN 1870

RAPPORT DE MISSION

INTRODUCTION

I. — OBJET DE LA MISSION. — ITINÉRAIRE SUIVI.

Le 9 mai 1870 M. le ministre des travaux publics, sur la proposition du conseil de l'École des ponts et chaussées, décida qu'un ingénieur serait envoyé en mission aux États-Unis.

Le conseil de l'École et en particulier M. l'inspecteur général Reynaud se préoccupaient du peu de renseignements que l'on possède en France (sauf en ce qui concerne l'outillage des chemins de fer) sur les grands travaux exécutés depuis trente ans en Amérique. Parmi bien d'autres inventions dont l'art de l'ingénieur est redevable au Nouveau-Monde, on se souvenait que les ponts *américains* s'étaient répandus en France à la suite de la mission qui fut confiée à M. Michel Chevalier en 1833. Il était douteux que tant et de si grandes entreprises, dont le bruit est plus ou moins confusément arrivé jusqu'ici, n'eussent provoqué l'éclosion d'aucune idée nouvelle dont nous pussions tirer profit. Enfin, ne rapportât-on de l'autre côté de l'Atlantique que des solutions néga-

tives, il y avait là une lacune à combler dans le cadre de notre enseignement professionnel, et le conseil de l'École, soucieux de sa responsabilité, formula la proposition que M. le ministre accueillit avec empressement.

Une décision du 30 mai nous chargea de cette mission et désigna pour nous accompagner M. Denys, élève-ingénieur de 1re classe.

Le présent rapport a pour objet de rendre compte de ce que nous avons vu, de ce que nous avons appris.

Itinéraire suivi.

Partis de Paris le 16 juin et de Brest le 18, nous sommes arrivés le 27 à New-York. Nous y avons repris la mer le 5 octobre, pour débarquer à Brest le 16. Nous avons ainsi passé cent jours sur le continent américain.

Un tiers de ce temps s'est écoulé pour nous à New-York en trois périodes distinctes. C'est là que nous recueillîmes les premiers renseignements propres à fixer notre itinéraire à l'intérieur du pays. Une latitude complète nous avait été laissée à cet égard. Nous avons consacré dix-sept jours à une excursion vers le Sud, douze jours à une excursion vers le Nord, et trente-neuf jours à une excursion beaucoup plus étendue qui nous porta vers l'Ouest jusqu'au littoral de l'océan Pacifique.

Dans l'excursion du Sud, nous visitâmes Philadelphie et une partie de la Pennsylvanie; puis la baie de la Chesapeake, Richmond et la Virginie jusqu'à Weldon (Caroline du Nord); enfin Washington, où nous arrivâmes un peu avant la clôture de la session du Congrès.

Dans l'excursion du Nord, nous visitâmes l'Hudson, l'école de West-Point, Albany; après quoi nous fîmes un circuit par Rome, Watertown, Clayton, le Saint-Laurent, Montréal, le lac Champlain et Saratoga.

Enfin, nous dirigeant par Buffalo, le Niagara et Détroit, nous gagnâmes Chicago, puis Omaha, où nous prîmes le chemin de fer du Pacifique. Nous nous arrêtâmes vingt-quatre heures pour voir la ville du Lac-Salé et le pays des Mormons. Nous continuâmes ensuite jusqu'à San-Francisco, terme extrême du voyage.

Après onze jours passés en Californie, nous revînmes par Omaha, Saint-Louis et Cincinnati.

Nous avions parcouru ainsi quinze mille kilomètres de chemins de fer.

Nous n'avons point à consigner ici des souvenirs d'un intérêt purement personnel et qui ne se rattachent qu'indirectement à l'objet de notre mission. Toutefois nous croyons remplir un devoir de stricte convenance en nommant au moins à l'administration les personnes dont le concours nous a été spécialement utile.

Les premières portes nous furent ouvertes par des lettres particulières apportées de France, et que nous tenions de M. Michel Chevalier, de M. Washburne, ministre plénipotentiaire des États-Unis, de M. Laboulaye, de M. Ernest Duvergier de Hauranne et autres. Parmi les personnes qui nous vinrent en aide à New-York nous citerons : MM. Bruguière et Thébaud, négociants; le colonel Silas Seymour, ingénieur consultant; M. Faulkner, président de la Compagnie du chemin de fer central de l'Ohio; le général Newton, ingénieur en chef des travaux de l'Hudson; M. Ed. Tracy et le colonel Church, ingénieurs du service des eaux; M. Craven, président de la Société américaine des ingénieurs civils; M. Francis Lieber, professeur de droit au Columbia-College; le général Dix, ancien ministre plénipotentiaire à Paris, ancien président du chemin de fer du Pacifique. Pour la Pennsylvanie, nous citerons : M. Moncure Robinson, un des plus illustres vétérans du génie civil aux États-Unis, qui a fait pour nous plus qu'aucun autre; son fils, M. John Robinson, président d'une compagnie de bateaux à vapeur qui dessert la Chesapeake et du chemin de fer Seaboard & Roanoke; M. Gowen, président de la Compagnie du chemin de fer de Philadelphie à Reading, pour qui nous chercherions encore à formuler un remercîment tout spécial, si la nature de ce compte-rendu le comportait; M. Dimpfel, ingénieur consultant à Philadelphie; M. Frédéric Graff, ingénieur en chef du service des eaux; enfin M. Eckley B. Coxe, ingénieur des mines en Pennsylvanie, qui fut élève externe de notre École des mines de 1862 à 1864, et qui témoigne la plus vive reconnaissance pour cet établissement où il a reçu « gratuitement » une partie de l'instruction qu'il est si heureux de posséder. A Washington, M. Otto, alors secrétaire général du ministère du l'intérieur; M. Matile, l'un des mem-

bres de la Commission d'examen des brevets d'invention; le général Meigs, actuellement placé à la tête de l'intendance militaire, connu par les beaux travaux de l'aqueduc du Potomac, dont il a dressé les projets et dirigé l'exécution; enfin et surtout le général Humphreys, connu du monde savant par ses importantes études sur le Mississipi, aujourd'hui chef du Corps des ingénieurs, directeur général des travaux que le génie civil ou militaire exécute pour le compte de l'Union fédérale. M. Humphreys nous remit, pour les ingénieurs chargés des principaux travaux d'amélioration des rivières et des ports, seize lettres d'introduction dans lesquelles il leur rappelait que les anciens élèves de l'École de West-Point sont redevables d'une partie de leurs connaissances professionnelles au corps des ponts et chaussées de France. — Nous fûmes heureux de rencontrer plus tard, à Albany, M. James A. Bell, *auditeur* des canaux de l'État de New-York; à Montréal, M. Gonzalve Doutre (avocat) et M. Coursolles, à qui nous dûmes presque tous les documents que nous rapportons sur le Canada; à Chicago, M. Chesbrough, ingénieur du service des eaux, dont l'extrême obligeance doit être mentionnée spécialement; à Omaha, M. Sickels, ingénieur en chef du chemin de fer du Pacifique (partie comprise entre Omaha et Ogden); à San Francisco, les colonels Mendell, Stewart et Williamson, ingénieurs du gouvernement, chargés des travaux de la baie, et M. Pioche, un des premiers promoteurs de l'industrie des chemins de fer en Californie.

Grâce à un concours qui ne nous fit défaut nulle part, nous perdîmes peu de temps en fausses manœuvres, et nous vîmes, je crois, ce que l'on pouvait voir dans le délai de trois mois assigné à la mission.

Je dois dès à présent ajouter que j'ai trouvé dans mon jeune camarade M. Denys un collaborateur aussi intelligent que dévoué. L'intérêt que pourront présenter les résultats de la mission est dû en très-grande partie à son précieux concours; et, après l'avoir vu à l'œuvre de si près, je crois pouvoir garantir qu'il est appelé à parcourir avec une grande distinction la carrière qui s'ouvre devant lui.

II. — CADRE DU COMPTE-RENDU.

Conformément aux instructions de l'administration supérieure, nous classerons dans l'ordre suivant les matières dont nous avons à parler :

1° Routes et ponts.
2° Chemins de fer.
3° Navigation intérieure.
4° Ports de mer.
5° Travaux municipaux.
6° Objets divers.

Nous avons rapporté de nombreux documents qu'il a fallu recueillir de tous côtés, car on ne les trouve rassemblés nulle part. Livres, cartes, dessins, photographies, rapports dressés pour le Congrès, pour les législatures d'États ou pour les conseils d'administration des grandes Compagnies, tous ces documents sont aujourd'hui déposés à la bibliothèque de l'École des ponts et chaussées. Ils nous ont servi à éclaircir et à compléter les notes prises et les observations faites sur les lieux. Nous n'avons voulu, d'ailleurs, ni faire ici une œuvre de statistique, ni traiter à fond aucun des nombreux sujets que nous abordons. Notre but essentiel est de signaler, en termes suffisamment explicites, les faits les plus saillants qui nous ont paru caractériser les travaux publics des États-Unis en 1870. On voudra bien se reporter aux documents-annexes pour de plus amples détails.

III. — COUP D'ŒIL GÉNÉRAL SUR LES GRANDES VOIES DE COMMUNICATION DES ÉTATS-UNIS.

Avant de parler des grandes voies de communication des États-Unis, nous croyons utile d'en esquisser le cadre géographique. Nous pourrions le supposer connu ; nous pourrions tout au moins renvoyer d'abord les lecteurs des *Annales* Esquisse géographique.

des ponts et chaussées aux articles dans lesquels feu M. l'inspecteur général Emmery (1837), puis M. l'inspecteur général Lalanne (1843), ont rendu compte des ouvrages publiés sur l'Amérique par M. Poussin et par M. Michel Chevalier. Cependant nous ferons nous-même brièvement l'exposé dont nous croyons avoir besoin, et dans lequel nous aurons spécialement en vue la zone de 1.100 kilomètres de largeur que nous avons parcourue, d'un océan à l'autre, entre le 36e parallèle et le 46e.

Tout le monde sait que la chaîne des monts Alleghanys, qui s'étend de l'embouchure du Mississipi à celle du Saint-Laurent, de la Nouvelle-Orléans à Québec, isole sur le littoral de l'Atlantique une bande de terrain généralement étroite. Elle l'isole en la séparant de l'immense bassin intérieur du Mississipi. Ce bassin comprend presque tout l'espace limité par la chaîne des Alleghanys et par celle des montagnes Rocheuses; on peut se le représenter comme une plaine tout unie, car les faîtes séparatifs des vallées entre lesquelles il se divise n'ont pas de relief sensible. Le Mississipi, dont le parcours est de 4.210 kilomètres, prend sa source à 512 mètres seulement au-dessus du niveau de la mer. (Comme terme de comparaison, la source de la Loire est à 1.400 mètres.) Des deux principaux affluents du Mississipi, l'Ohio et le Missouri, le premier, formé par la réunion de deux rivières qui descendent des monts Alleghanys, n'est qu'à 503 mètres d'altitude à Pittsburg, à 1.556 kilomètres en amont de son embouchure. Quant au Missouri, affluent de l'autre rive, il prend sa source dans les montagnes Rocheuses à une hauteur de 1.854 mètres; mais il ne joint le grand fleuve qu'après un parcours de 4.680 kilomètres.

Tout ce bassin du Mississipi fut autrefois couvert par l'océan Atlantique. Les eaux s'étendaient même bien plus loin vers l'ouest, jusqu'à la chaîne des montagnes de Wasatch, car les montagnes Rocheuses n'existaient pas encore. C'était à l'origine de la période des terrains crétacés. Il n'y avait entre les deux océans, sous le 40e parallèle, qu'une distance de 800 kilomètres environ, un massif montagneux qui venait d'être soulevé à 1.800 mètres d'altitude moyenne, le granite déchirant çà et là, suivant des rides dirigées toutes du sud au nord, les assises de la formation jurassique. Les terrains crétacés et une partie des terrains tertiaires s'accumulèrent en couches épaisses de sable

et d'argile sur les deux flancs du massif, à l'est et à l'ouest; puis un deuxième soulèvement, parallèle au premier, fit jaillir en bordure, à 3 kilomètres d'altitude, la chaîne des montagnes Rocheuses et celle de la Sierra-Nevada[1]. L'épaisseur du massif se trouva dès lors portée à 1.600 kilomètres, du moins sous le 40e parallèle; elle va en se rétrécissant vers le nord et vers le midi; elle se réduit à 6 ou 700 kilomètres sur les deux frontières du Mexique et des possessions anglaises.

Du Mississipi aux montagnes Rocheuses, sur un parcours de 800 kilomètres, la pente est insensible à l'œil, le sol absolument nu et l'horizon sans limites. De l'autre côté du massif central, au pied de la Sierra-Nevada, s'étend cette admirable plaine, de 200 kilomètres de largeur, qu'on appelle la Californie. Le plateau accidenté que surmontent et encaissent les deux grandes chaînes est presque partout inculte et même stérile; mais ce désert contient, dans les roches éruptives contemporaines de l'un ou de l'autre des deux grands soulèvements, des mines d'or et surtout d'argent (sans compter la houille, le fer, etc.) dont le nombre et la richesse se révèlent d'année en année d'une façon plus extraordinaire.

La stérilité des deux versants des montagnes Rocheuses contraste étrangement avec la fertilité exceptionnelle du versant occidental des Alleghanys, auquel il faut joindre l'espace compris entre le haut Mississipi et le Missouri. Du Missouri à l'Ohio notamment s'étend une des contrées les plus privilégiées du globe, véritable Eldorado pour l'émigration européenne. Sur les trente-sept États de l'Union fédérale, il y en a là neuf qui ne comptaient que trois millions d'habitants en 1840; ils en ont plus de douze millions aujourd'hui. Le Mississipi ne possédait pas un seul pont il y a vingt ans; il était encore la limite légendaire à laquelle la civilisation s'arrêtait; il en a sept maintenant, construits ou en cours de construction, placés tous entre Saint-Louis et Saint-Paul, entre le 39e et le 45e parallèle, sur un espace de 800 kilomètres. La grande ville de Saint-Louis marque à peu près le milieu des dix-huit degrés de latitude

[1] Voir le profil en long du chemin de fer du Pacifique dans l'Atlas joint au présent rapport. — Ces renseignements géologiques sont le fruit d'explorations officielles faites par ordre du Congrès et dont le compte-rendu a été publié par l'administration en 1870.

qu'embrasse le cours du fleuve. Le Missouri, dont l'embouchure est à 20 kilomètres plus haut, ne baigne encore que des villes naissantes; mais, du côté de l'est, Pittsburg, Cincinnati et Louisville, bâtis sur les rives de l'Ohio, comptent parmi les plus importantes cités des États-Unis.

On pourrait dire sans commettre une grande erreur géographique que les neuf États qui sont par excellence les États producteurs de grains, appartiennent presque autant au bassin de l'autre grand fleuve de l'Amérique du Nord, le Saint-Laurent. Le faîte séparatif des deux bassins est très-voisin des lacs qui alimentent ce fleuve, et il ne les domine, sur plusieurs points, que de quelques mètres. On sait que ces cinq lacs, grands comme des mers, forment une sorte de chapelet qui sépare les États-Unis du Canada : à l'extrémité occidentale, le lac Supérieur et le lac Michigan, dont le niveau n'excède pas 200 mètres d'altitude, versent concurremment leurs eaux dans le lac Huron qui, par la rivière de Saint-Clair ou de Détroit, se décharge dans le lac Érié, et celui-ci communique par le Niagara avec le lac Ontario, point de départ du Saint-Laurent. Chicago, « la Reine des Lacs », est placé à l'extrémité sud-ouest du lac Michigan. M. Michel Chevalier annonçait dans son livre, en 1840, que l'on construisait un canal qui, partant de Chicago, descendrait directement dans l'Illinois, affluent du Mississipi. Le projet ne s'exécuta pas tel qu'il avait été conçu; on créa provisoirement, par économie, un bief de partage de 43 kilomètres de longueur, à $2^{m},75$ au-dessus du lac; mais l'idée d'un canal à branche unique fut reprise plus tard, et les travaux d'approfondissement qui doivent réaliser cette idée étaient en pleine exécution en 1870 : le golfe du Mexique doit recevoir aujourd'hui des eaux descendues du lac Michigan.

Les richesses agricoles du grand bassin intérieur avaient donc, pour s'exporter en dehors du continent américain, deux grands débouchés naturels, deux fleuves à descendre pour les navires à charge, l'un vers le midi et l'autre vers le nord, le Mississipi et le Saint-Laurent. Mais des difficultés climatériques entravaient et entravent encore l'efficacité de ces débouchés : le Saint-Laurent est obstrué par les glaces pendant près de six mois d'hiver; et le bas Mississipi, dont les rives sont désolées par des fièvres endémiques, ne peut être impunément fréquenté, par les étrangers surtout, pendant six mois d'été. A ces obs-

tacles matériels s'ajoutent des considérations politiques et morales; on dit que lorsque les colons français du dernier siècle durent abandonner le pays, lorsque le traité de Paris de 1763 eut cédé la Louisiane aux Espagnols et le Canada aux Anglais, il ne se produisit, ni d'un côté ni de l'autre, l'attraction qui était nécessaire pour provoquer sur une grande échelle la colonisation et la mise en valeur des plaines du Mississipi. Ce devait être l'œuvre d'une race nouvelle, de la race américaine constituée sur le littoral de l'Atlantique.

Tandis que la côte du Pacifique, — si l'on en excepte la magnifique baie intérieure de San Francisco, — ne présente qu'un petit nombre d'échancrures et conséquemment d'endroits propices pour l'établissement des ports, on n'a que l'embarras du choix de l'autre côté du continent. Les émigrés hollandais et anglais du dix-septième siècle, devanciers des émigrants de l'Irlande et de l'Allemagne modernes, ont trouvé là de grandes baies, profondes et parfaitement abritées, à l'embouchure de grands fleuves. C'est ainsi que se sont tout d'abord bâties, non pas sur la côte même, mais à quelque distance, les cités de Boston, de New-York, de Philadelphie, de Baltimore, de Washington, de Richmond. Les fleuves toutefois, interceptés par des rapides beaucoup plus complétement que la Seine, la Loire et la Gironde ne le sont ou ne l'ont jamais été par leurs barres, ne sont accessibles que sur de très-faibles longueurs à la navigation maritime; cette navigation s'arrête aux villes mêmes que nous venons de citer : New-York seul fait exception. Sans l'invention des canaux et des chemins de fer, Boston, Philadelphie et les autres ports de l'Est, séparés du grand bassin intérieur par les monts Alleghanys, mal reliés avec le versant même que leurs fleuves arrosent, fussent restés à l'état d'impasses. Mais New-York est à l'embouchure d'un fleuve qu'une faible marée de $1^{m},50$ remonte du sud au nord jusqu'à Albany, sur 240 kilomètres de longueur; puis, par une double et singulière faveur de la nature, les montagnes présentent, à la hauteur d'Albany, une dépression exceptionnelle qui relie naturellement la vallée de l'Hudson avec les grands lacs, et d'autre part cette profonde coupure de l'Hudson se prolonge au nord jusqu'au Saint-Laurent, sans s'élever à plus de 50 mètres au-dessus du niveau de la mer. New-York était donc, avec son excellent port

naturel, prédestiné à devenir le principal point de passage des produits échangés entre le nouveau monde et l'ancien.

Les colonies affranchies en 1776 de la domination anglaise comprirent vite que la chaîne des Alleghanys était pour elles une barrière opposée à toute expansion future, et qu'il fallait abaisser à tout prix. Ce résultat atteint, les produits surabondants de l'Ouest pourraient gagner la côte qui fait face à l'Europe et s'y exporter par une voie plus courte, exonérée des entraves climatériques, sous une zone de température égale et tempérée. Tel devait être le but fondamental des voies de communication de la confédération naissante; son avenir commercial était là, le développement de sa puissance politique s'y rattacha de la manière la plus intime; et aujourd'hui encore, tandis que la colonisation fait à l'intérieur des progrès chaque jour plus importants, la préoccupation dominante du gouvernement et des compagnies de transport est de multiplier et d'améliorer les voies dirigées de l'ouest à l'est, du Mississipi vers les rives de l'un ou l'autre océan.

xécution
es voies
ication.

Il ne fut question d'abord que de routes de terre. Dès l'année 1802, l'acte de constitution de l'État d'Ohio (par exemple) stipulait que 5 pour 100 du produit des ventes de terrains opérées dans cet État au profit du trésor fédéral seraient consacrés à l'établissement de routes aboutissant aux cours d'eau navigables qui descendent dans l'Atlantique. Le Congrès s'était d'ailleurs réservé la direction des travaux. Mais ces dispositions et d'autres du même genre n'eurent guère d'autre résultat que la création de la route dite de Cumberland, laquelle part de Baltimore et s'avance jusque dans l'Illinois; elle devait aboutir à Saint-Louis. L'intérêt que le Congrès portait à l'établissement des routes nationales s'effaça rapidement devant les perspectives nouvelles qu'ouvrit l'entreprise des canaux et des chemins de fer.

ites.

aux.

La renommée de notre canal du Languedoc était parvenue jusqu'en Amérique. Dès la fin du siècle dernier, on avait essayé quelques travaux de canalisation pour relier le lac Ontario avec la rivière Mohawk, qui aboutit dans l'Hudson à Albany. Mais on comprit bientôt l'insuffisance de cette amélioration locale. Quand on fut débarrassé de la guerre soutenue en 1812 contre les Anglais, l'État de New-York entreprit un canal entièrement artificiel et de plus de 500 kilomètres

de longueur pour relier Albany avec Buffalo, sur le lac Érié. Ce canal, commencé en 1816, fut ouvert en 1825.

Jusqu'à cette époque, les produits agricoles de la partie occidentale de l'État de New-York ne s'exportaient guère qu'en descendant vers Philadelphie ou Baltimore sur des trains de bois confiés à la Delaware ou à la Susquehanna. Pour les faire venir à New-York, il fallait les diriger d'abord vers Albany, où on les embarquait sur l'Hudson. Or le transport d'une tonne de marchandises de Buffalo à Albany coûtait alors environ 500 francs et exigeait vingt jours. 500 francs la tonne, c'est le prix du bœuf et du porc à New-York, deux fois le prix du froment, quatre fois le prix du maïs. (Voir le *Manuel des chemins de fer* de M. Henry Poor.) L'ouverture du canal Érié réduisit immédiatement le prix du transport à 50 francs. Cette réduction considérable, qui constituait un bénéfice net à partager entre le producteur et le consommateur, produisit en Amérique une sensation profonde. Tandis que l'État de New-York complétait le réseau dont le canal Érié est l'artère centrale, les États de Pennsylvanie et de Maryland étudiaient un grand système de canaux propres à réunir la Delaware et la Susquehanna avec l'Ohio. L'État de Virginie projeta de relier le James-River avec la Kanawka, affluent de la même rivière. Les États de l'Ouest, l'Ohio, l'Indiana, l'Illinois, se mirent de leur côté à construire des canaux pour rattacher leurs territoires respectifs avec le canal Érié par les Grands Lacs. Beaucoup de compagnies particulières imitèrent l'exemple donné par les États. Tous ces efforts aboutirent à la construction d'environ 8.000 kilomètres de canaux.

L'État de New-York, après avoir construit ses canaux, les a entretenus et exploités avec un succès non interrompu, au moins pour l'artère principale, que son insuffisance primitive a fait reconstruire sur des dimensions beaucoup plus grandes. Des canaux construits de 1825 à 1840, il y en a trois autres dont le succès financier s'est également maintenu : ce sont ceux qui réunissent la Delaware avec l'Hudson, avec le Raritan (près de son embouchure dans la baie de New-York) et avec la baie de la Chesapeake. Mais beaucoup d'autres entreprises n'ont pu être menées à fin ; ou bien les canaux établis, fort utiles d'ailleurs aux pays traversés, n'ont été que de mauvaises ou de médiocres spéculations : presque tous ont été absorbés par des compagnies de chemins de fer, ou réduits

à un rôle très-secondaire, ou même entièrement abandonnés. On n'en a guère construit de nouveaux, depuis 1840, que pour remplacer quelques portions de rivières. Le Congrès fait faire en ce moment de nouvelles études d'intérêt général.

Chemins de fer.

Les chemins de fer n'ont été nulle part adoptés avec autant d'empressement qu'aux États-Unis. Dès 1827, il y avait des plans inclinés fonctionnant pour le transport des charbons en Pennsylvanie. Dès 1830, on commença à construire des chemins de fer dans la direction d'Albany au lac Érié, de Baltimore vers l'Ohio, de Charleston vers l'intérieur de la Caroline du Nord. Mais, de 1830 à 1840, on vit surtout dans les chemins de fer un complément des canaux, un moyen rapide de transporter les personnes d'une ligne navigable à une autre ou entre les grandes villes : des tronçons, successivement entrepris, finirent par relier parallèlement au littoral New-York, Philadelphie, Baltimore, Washington, et au sud du Potomac Richmond, Weldon, Wilmington. Ce grand mouvement de création subit alors un temps d'arrêt. L'insuffisance des recettes primitives de beaucoup de lignes trop légèrement entreprises, les capitaux énormes consacrés en même temps aux canaux ou enfouis dans des banques de création nouvelle, contribuèrent à amener la grande catastrophe financière de 1837. Elle eut pour conséquence de paralyser presque complétement pendant une dizaine d'années le développement des travaux publics. Bien qu'on eût ouvert en 1841 l'importante ligne de Boston à Albany et en 1842 celles d'Albany à Buffalo et de Philadelphie à Reading, ce ne fut qu'en 1848, par suite de la découverte de l'or en Californie, que le mouvement d'expansion vers l'ouest reprit une intensité nouvelle et rendit l'essor à la construction des grandes voies, sans lesquelles il ne pouvait s'accomplir. La guerre de la Sécession produisit une autre suspension de quatre années. Mais une ère nouvelle de prospérité s'est ouverte après 1865, au moins pour les États du Nord, malgré les charges imposées pour faire face à une dette publique que la guerre a portée d'un tiers de milliard à treize milliards et demi[1].

Durant les dix-neuf années écoulées de 1830 à 1849, on avait ouvert 9.594

[1] Cette dette, qui atteignit son maximum le 1er mars 1866, a diminué d'un milliard en trois ans, grâce surtout à des ventes de matériel de guerre. Elle a diminué d'un autre milliard dans l'intervalle du 1er mars 1869 au 1er mars 1871. Sa valeur exacte, *en dollars*, au 31 octobre 1871, est de 2.251.713.448,03.

kilomètres de chemins de fer, 500 kilomètres en moyenne par an. Durant les vingt années écoulées de 1849 à 1869, on en a ouvert 66.000, soit 3.300 kilomètres en moyenne par année.

Le gouvernement fédéral, qui, ainsi que nous l'avons dit, avait entrepris naguère la construction de quelques routes de long parcours et d'un intérêt national, a totalement cessé de s'en occuper.

Autorités dont les travaux publics dépendent.

Le Congrès n'est jamais intervenu dans la construction, l'exploitation ou le contrôle des canaux ou des chemins de fer. Il n'y a eu, il n'y a encore d'exception que pour les chemins de fer désignés sous le nom de Pacific Rail-Roads, c'est-à-dire ceux qui sont destinés à relier le Mississipi avec la côte de l'océan Pacifique. Pour ceux-là, c'est le Congrès qui, après avoir contrôlé les études et spécialement les tracés, confère les concessions avec les droits qui s'y rattachent, en ajoutant, s'il y a lieu, des dons de terres domaniales et même des subventions pécuniaires. Ce service tout spécial dépend du ministère de l'intérieur.

La surveillance des rivières navigables et des ports appartient au gouvernement central, qui fait exécuter par ses ingénieurs, aux frais du trésor public, les travaux d'amélioration d'un intérêt général. D'autres travaux d'intérêt local peuvent être exécutés sur les cours d'eau par les États, par les Villes, par des Compagnies particulières, mais seulement avec la permission et sous le contrôle de l'autorité fédérale. Ce service dépend du ministère de la guerre. Il forme, avec les travaux de fortification et les études topographiques, la grande direction dont le général Humphreys est présentement le chef.

Les huit arsenaux militaires dépendent encore du gouvernement central (ministère de la marine).

Les États, après avoir entrepris par eux-mêmes des canaux dont un certain nombre n'a pu être mené à bonne fin, les ont abandonnés à l'industrie privée. C'est le parti qu'ils ont pris tout de suite pour les chemins de fer. Ils accordent les concessions et n'exercent qu'un contrôle très-sommaire en vue duquel ils se font adresser des comptes-rendus annuels. Ils concourent d'ailleurs éventuellement par voie de subventions, ainsi que les Comtés et les Villes, à l'exécution de certaines entreprises. Les canaux de l'État de New-York, construits et ex-

ploités comme le sont la plupart des canaux français, constituent une grande exception.

Les quais et les bassins des ports de commerce dépendent généralement des États ou des municipalités, qui traitent avec des Compagnies particulières pour la construction et l'exploitation de ces ouvrages. Cependant la grande ville de Chicago, réagissant contre les traditions anglaises qui ont jusqu'ici prévalu dans les États de l'Est, fait exécuter elle-même, sous la surveillance d'une commission municipale, tous les travaux qui l'intéressent ; elle n'a concédé que l'éclairage au gaz.

Enfin les chemins de fer, qui jouent un rôle tout à fait prédominant dans le système des voies de communication, sont aux mains de l'industrie privée et disséminés en un très-grand nombre de Compagnies particulières.

Telles sont les sources diverses auxquelles nous avons puisé des éléments d'information précis que dans beaucoup de cas la seule vue des lieux ne nous aurait pas révélés. Les documents imprimés ou manuscrits nous ont été communiqués partout avec empressement ; mais les archives des bureaux d'ingénieurs sont généralement très-pauvres. Cela tient à diverses causes. Les Américains construisent souvent sans projets bien arrêtés. Ils ne relèvent guère de dessins exacts des ouvrages exécutés : d'autres soins plus pressants s'imposent à eux ; d'ailleurs ils n'ont entendu faire bien souvent que des ouvrages provisoires. Puis les changements de personnel font perdre la tradition orale, et il y a d'importants ouvrages d'art dont on ne connaît rien, au bout de vingt ans, que ce qu'on en peut voir sur place.

Poids et mesures.

Pour la lecture du présent rapport et surtout des « documents-annexes » déposés à l'École des ponts et chaussées, nous rappellerons que les principales mesures employées aux États-Unis sont les suivantes :

1 pied. . . . . = $0^m,305$
(Les fractions du pied s'expriment tantôt en pouces, tantôt en fractions ordinaires ou décimales du pied.)

1 pouce. . . . . = 0^{m},025
1 mille. . . . . = 5.280 pieds = 1.609 mètres.
1 acre. . . . . = 0^{hect},405
1 gallon des États-Unis. . . . . = 3^{lit},785
1 gallon de New-York. . . . . = 3 ,624
1 gallon impérial ou anglais. . . . . = 4 ,543
1 boisseau des États-Unis. . . . . = 35 ,235
1 boisseau de New-York. . . . . = 36 ,243
1 livre. . . . . = 0^{kil},453
1 tonne ordinaire (ou tonne anglaise) de 2.240 livres. . . . . = 1.016 kil.
1 tonne de 2.000 livres. . . . . = 906
(A moins d'indication contraire, nous avons toujours en vue la tonne de 1.016 kil.)

Pendant notre séjour aux États-Unis le dollar valut généralement, en or, 5f,25, et en papier-monnaie, 4f,75. La valeur du papier est descendue beaucoup plus bas durant la guerre de la Sécession. Les sommes que nous citons se rapportant à des époques très-différentes, nous avons pris le parti de faire la conversion au prix uniforme de 5 fr. Si donc une indication approximative ne paraissait pas suffisante, on reviendrait à l'expression originaire des sommes en divisant par 5, à moins qu'un autre nombre se trouvât spécifié.

Le *cent* est la centième partie du dollar et correspond conséquemment à notre ancien sou. Le *mill* est la millième partie du dollar. On ne compte guère aux États-Unis que par dollars et cents, avec application du système décimal.

CHAPITRE Ier

ROUTES ET PONTS

§ 1. — DES ROUTES ET CHEMINS.

Les routes ou chemins à chaussées pavées ou empierrées n'occupent qu'une place insignifiante dans les grandes voies de communication des États-Unis. Nous n'avons eu occasion d'en voir que dans des excursions spéciales.

Pour peu que des transports aient ou paraissent devoir prendre d'importance dans une direction déterminée, suivant quelque trouée faite à travers les forêts vierges, ce sont des rails sur traverses que l'on substitue au sol naturel, simplement aplani et réglé, des rails plats ou à ornière, sur lesquels circulent des omnibus ou wagons à traction de chevaux. De là, on passe aux chemins de fer à traction de locomotives. On dessert ainsi et les centres de population et les centres de production industrielle ou agricole : résultat d'autant mieux atteint que, s'il a fallu aller chercher les richesses minérales aux lieux où elles se trouvent, les exploitations agricoles se sont de préférence établies le long des rivières, des canaux et des chemins de fer. Ceux-ci doivent, suivant une idée populaire, s'étendre et se ramifier de telle sorte que tous les habitants du pays en trouvent à 8 kilomètres de distance maximum.

Il est d'ailleurs à remarquer que, tandis qu'on trouve une facilité spéciale à poser des rails dans un pays généralement plat, la rigueur et la longueur des

hivers, la rareté des bons matériaux et la cherté de la main-d'œuvre sont autant d'obstacles à l'établissement des chaussées. Enfin cette question spéciale n'offre d'intérêt que pour quelques rues des grandes villes : nous ne nous en occuperons qu'en parlant des travaux municipaux.

On trouve dans les documents parlementaires des détails d'un intérêt purement historique sur les travaux de routes dont le Congrès prit l'initiative dans le premier quart de ce siècle. L'industrie privée ne se porta pas vers ces travaux avec l'ardeur qu'elle y mit en Angleterre. Nous n'avons vu de péage appliqué que sur deux routes, l'une de 12 et l'autre de 18 kilomètres de longueur, créées entre San Francisco et la côte de l'océan Pacifique. On nous disait à New-York que le péage est un mode de contribution antipathique aux Américains.

Ces deux routes de San Francisco, bordées d'immenses terrains à vendre, sont parfaitement bien empierrées sur 30 à 40 mètres de largeur ; la spéculation les voit déjà transformées en avenues monumentales. Sur la route de San José à New-Almaden (Californie, 19 kilom.), comme sur celle de Watertown à Clayton (État de New-York, 39 kilom.), nous avons retrouvé des zones de terrain bien délimitées en général par des palissades, mais sans fossés ni plantations, sans chaussée surtout : les voitures évitent avec soin quelques amas de pierrailles qu'on rencontre çà et là, et elles créent ainsi des pistes sinueuses dans ces zones dont la grande largeur ne s'explique que par la perspective d'y placer un jour plusieurs voies de fer. La route de Watertown à Clayton est encore en voie de construction ; on laisse provisoirement subsister dans le profil en long des ressauts formés par l'affleurement de bancs de roche à stratification horizontale : on veut passer d'abord, passer au plus bas prix possible ; on améliorera plus tard. Du reste, dans quelques autres routes ou chemins que nous avons parcourus, nous avons retrouvé cette répugnance des anciennes routes anglaises pour certains travaux de terrassements qui en eussent régularisé le profil en long, cette facilité à s'accommoder de pentes de 10 à 15 centimètres par mètre, pourvu qu'elles soient très-courtes et qu'on puisse les gravir avec des voitures légères par un élan de l'attelage. Les trotteurs américains, attelés de manière à retenir sur une barre transversale fixée à l'extrémité de la flèche, descendent à fond de train et sans qu'on enraye.

§ 2. — DES PONTS EN GÉNÉRAL AUX ÉTATS-UNIS.

I. — APERÇU DES DIVERS SYSTÈMES.

Il n'existe aux États-Unis qu'un très-petit nombre de grands ouvrages d'art en maçonnerie. Les seuls ponts de cette espèce que nous ayons vus sont des ponts-aqueducs ou des ponts-canaux.

Dès la fin du siècle dernier, on avait construit des ponts en charpente et des ponts suspendus. Mais ces ouvrages ne se sont multipliés que pour l'établissement des chemins de fer, de 1830 à 1840, puis de 1850 à 1870. Durant la première de ces deux périodes, on n'a construit que des ponts en charpente. On en a construit encore durant la seconde, mais concurremment avec des ponts métalliques. Les ponts en charpente ont le double avantage de se construire plus vite et à meilleur marché; mais il est bien établi aujourd'hui, en Amérique comme en France, que si les fonds de premier établissement ne manquent pas, il est préférable de construire tout de suite des ponts métalliques. Les ponts en charpente ne sont plus considérés que comme des ouvrages provisoires.

De 1830 à 1840, on construisit des ponts supportés principalement par des arcs en bois placés en dessous ou en dessus du tablier, ou à un niveau intermédiaire. Mais on y renonça vite. On n'employa plus guère les arcs que pour renforcer des ponts à poutres droites, pour adapter à l'usage des chemins de fer des ponts construits pour routes ordinaires. Ces arcs s'appliquent comme des moises sur les flancs de la poutre et s'appuient sur les culées. M. Town imagina, comme on sait, les poutres droites en treillis (*lattice bridges*), qui eurent une grande vogue pendant quelques années. Mais ce système, excellent pour des ponts de service ou des ponts provisoires, fut remplacé, dans les ouvrages destinés à durer, par celui de Long, amélioré par Howe. Les ponts de bois construits de 1850 à 1870 ont tous ou presque tous été construits dans le système de Howe.

Quand le métal se substitua au bois, les arcs ne reparurent que dans un très-petit nombre de ponts, soit en dessus, soit en dessous du tablier. Il n'existe,

à notre connaissance, que deux ponts en arcs de fonte, l'un à Philadelphie, l'autre à Washington; et encore, dans celui-ci, les arcs sont creux et ont pour fonction principale de conduire les eaux qui alimentent la ville. — Une autre exception, infiniment plus importante, c'est un pont en arcs d'acier que l'on construit présentement à Saint-Louis, sur le Mississipi : il aura deux étages superposés, pour chemin de fer et route ordinaire, et trois travées de 151 et 159 mètres d'ouverture.

C'est en poutres ou fermes droites que l'on a construit presque tous les ponts métalliques modernes. Mais, tandis que l'Europe s'en tenait presque exclusivement aux poutres à treillis rivés ou à *âme* pleine; tandis que Robert Stephenson (1860) allait construire sur le Saint-Laurent, en face de Montréal, un pont tubulaire analogue à ceux du Conway et de Menai, les Américains, suivant la voie ouverte par Long et Howe, substituaient aux treillis des liens très-espacés, assemblés avec les *semelles* de manière à ne travailler que par extension pour les uns, par compression pour les autres, et à travailler tous, sous la charge maximum, à la limite de l'effort qu'on juge convenable de leur imposer. C'était un système nouveau. On en a fait aux États-Unis, on en fait surtout aujourd'hui des applications variées et considérables. Comme les Américains ne pèchent point par l'esprit de routine ou d'imitation machinale, l'abandon des treillis et l'emploi presque exclusif des *fermes à grandes mailles* sont à nos yeux des faits de grande importance, trop peu connus en Europe et particulièrement en France. Nous en parlerons avec détail.

Les Américains d'ailleurs ne s'en tiennent pas aux ponts à poutres droites. Ils ont repris le système des ponts suspendus, ce système si commode pour franchir de grands espaces sans points d'appui intermédiaires, si souvent économique et toujours si élégant. Ils l'ont repris il y a vingt ans, vers l'époque où l'accident du pont d'Angers et plusieurs autres le discréditaient en France; ils l'ont repris après qu'il eut été discuté et condamné par la Société des ingénieurs civils de Londres. Ils l'ont perfectionné par l'introduction d'éléments nouveaux et en ont fait, dans ces dernières années, des applications qui dépassent en importance tout ce qu'on avait vu précédemment : ainsi on construit, en ce moment même, sur le bras de mer qui sépare les villes de New-York et de

Brooklyn, un pont de 26 mètres de largeur, dont la travée centrale aura 493 mètres d'ouverture.

On peut voir par ces indications générales que les ponts modernes des États-Unis forment un sujet d'étude intéressant. Avant d'entrer dans des explications plus détaillées sur les différents modes de superstructure, nous grouperons dans une revue sommaire quelques-uns des renseignements que nous avons recueillis sur les ponts récemment construits ou en voie d'exécution.

II. — REVUE SOMMAIRE DES PONTS SUR LESQUELS DES RENSEIGNEMENTS ONT PU ÊTRE RECUEILLIS.

A. VERSANT DE L'ATLANTIQUE.

1° BASSIN DE L'HUDSON.

ALBANY (État de New-York). — Ce pont est le seul qui existe sur la partie maritime du fleuve; il est à 240 kilomètres de l'embouchure. Il relie, par une double voie de fer et deux trottoirs, la rive de l'ouest, la ville d'Albany et le « New-York Central Railroad » avec « l'Hudson River Railroad » et le réseau des chemins de fer de la Nouvelle-Angleterre. Il est signalé dans plusieurs rapports du général Newton comme gênant à la fois le passage des bateaux et les mouvements de la marée entre Albany et Troy. On était en train d'en établir un autre, placé à 800 mètres en aval, et dont nous avons trouvé les piles construites. Il est à craindre que la coexistence des deux ponts, dont les piles ne se correspondent pas, ne favorise l'amoncellement des glaces au moment des débâcles. Le nouveau pont doit présenter, savoir : Hudson.

4 travées fixes de $56^m,42$,
7 — de $22^m,26$,
Un tablier mobile de $83^m,57$ de longueur,
Et un autre de $21^m,35$.

Le tablier se construisait, suivant le système Linville, dans les ateliers de l'usine de Phœnixville.

CORNWALL ou PEEKSKILL (N.-Y.). — Ce pont, qui n'existe encore qu'à l'état de projet, paraît être à la veille de s'exécuter. Il doit être suspendu, et formé d'une id.

seule travée de 1600 pieds (488 mètres) d'ouverture. La construction en a été autorisée en 1868 par la législature de l'État de New-York. Placé à 64 kilomètres en amont de la grande cité, il reliera le chemin de fer de l'Érié avec ceux du Nord-Est.

Croton, affluent de l'Hudson.

Lac du Croton (N.-Y.). — Passerelle reliant la rive gauche avec la pile du barrage du Croton. — 1m,55 de largeur et 22 mètres de portée. — Construite en 1852 par J. Morse (de New-York). — Bowstring.

Sing-Sing Kill.

Sing-Sing (N.-Y.). — Pont en maçonnerie pour l'aqueduc du Croton. — Une arche en plein cintre de 27m,45 d'ouverture, construite en 1839.

Rivière de Harlem, faux bras de l'Hudson.

High-Bridge (N.-Y.). — Pont en maçonnerie pour l'aqueduc du Croton. — 457 mètres de longueur entre les culées et 34m,80 de hauteur totale au-dessus des hautes eaux. — Quinze arches en plein cintre de 24m,40 d'ouverture, et sept arches de 15m,25.

Id.

Harlem (N.-Y.). — Pont en métal pour route ordinaire. — 12 mètres environ de largeur. — 148m,23 de longueur. — Quatre travées, dont deux fixes ayant 39m,65 d'ouverture, et deux mobiles de 24m,40. — Ouvrage construit de 1865 à 1869. — Bowstring.

Rivière de l'Est.

Entre New-York et Brooklyn.—Pont suspendu en construction. — Tablier de 25m,92 de largeur. — Travée centrale de 492m,88. — Longueur totale entre les culées, 1066m,88.

Nous entrerons ci-après dans de longs détails sur cet ouvrage.

2° BASSIN DE LA DELAWARE.

Delaware.

Lackawaxen (N.-Y.). — Pont en maçonnerie pour le canal de la Delaware à l'Hudson. — Analogue à celui construit pour le canal Érié à Richmond, sur la rivière Seneca. (Voir le rapport de l'ingénieur de l'État de New-York sur les canaux pour l'année 1862, p. 438.)

Schuylkill.

Philadelphie (Pennsylvanie).— Pont en arcs de fonte. — Deux travées de 61 mètres d'ouverture.

Canal d'amenée de l'usine de Fairmount.

Philadelphie. — 24 mètres de portée. — File rectiligne de tuyaux de conduite, soutenue par deux chaînes de suspension. — 1868.

Vallée du Wissahickon.

Philadelphie. — Double file rectiligne de tuyaux, armée dans le même système.

— Quatre travées de 50m,55 chacune. — 29m,73 de hauteur maximum au-dessus du sol. — 1870.

3° BASSIN DE LA SUSQUEHANNA.

HAVRE-DE-GRACE (Maryland). — Pont en charpente, substitué en 1868 à un bac, pour le chemin de fer de Philadelphie à Baltimore. — Largeur de 4m,80. — Longueur de 998m,49. — Douze travées de 76m,25. — Système Howe avec addition d'arcs en bois. (Voir *Van Nostrand's Magazine*, 1870, p. 396, et Haupt, p. 102, 122 et 174.) Susquehanna.

Pont du Pennsylvania Railroad. — Deux travées d'environ 40 mètres d'ouverture pour chacune. — Système Linville. — Pont à tablier supérieur (*Overgrade*). Little Juniata.

JACKSTOWN (Penn.). — Pont-canal du canal de Pennsylvanie. — Trois travées d'environ 25 mètres. — Système Murphy-Whipple. Id.

4° BASSIN DU POTOMAC.

HARPER'S FERRY (Virginie). — Pont du Baltimore & Ohio Railroad. — Poutres armées du système Fink. Potomac.

Pont en maçonnerie, construit en 1859 par M. Rives, pour l'aqueduc du Potomac. — Arc de cercle de 67m,10 de corde. Rivière de Cabin-John.

WASHINGTON (District of Columbia). — Deux files curvilignes de tuyaux, simplement appuyées sur les deux culées, et supportant un tablier de pont. — 61 mètres de corde et 6m,10 de flèche. Rock-Creek.

5° FLEUVES AU SUD DU POTOMAC.

PETERSBURG (Virginie). — Pont pour route ordinaire, de 40 mètres environ d'ouverture. — Ferme à triangles. Appomattox, affluent du James-River.

Pont économique en charpente, du système Howe. — Largeur de 4m,50. — Pont à tablier supérieur. — Quatre travées de 15m,25. Landing-Creek, affluent de la baie d'Albemarle.

WELDON (Caroline du Nord.). — Pont en charpente pour le chemin de fer de Norfolk à Weldon. — Largeur de 4m,80. — Pont à tablier supérieur. — Onze travées de 48m,80. — Système Howe. — 1867. Roanoke (id.).

B. BASSIN DU MISSISSIPI.

Mississipi. Dubuque (Iowa). — Ce pont, ouvert au commencement de 1869, dessert un chemin de fer qui rejoint à Cedar-Rapids le « Chicago & North-Western Railway ». Il a une longueur de 518^{m},50, divisée en sept travées. Il comprend un tablier de 360 pieds de longueur (109^{m},80), tournant sur une pile intermédiaire de 6^{m},10 de largeur. Il a été construit par la « Keystone Bridge Company », de Pittsburg.

Id. Clinton (Iowa). — Ce pont, affecté au Chicago & North-Western Railway, a d'abord été construit en charpente. On était en train d'y substituer le métal au bois. On terminait en août 1870 la partie de ce pont qui franchit le bras oriental du fleuve.

Id. Rock-Island (Illinois). — Ce pont, qui dessert une des trois grandes lignes de Chicago à Omaha, a dû être consolidé par des arcs en bois. On était en train de le remplacer par un autre, dont la dépense sera en partie supportée par le trésor fédéral, à raison de l'intérêt qu'il présente pour l'arsenal établi dans l'île de Rock-Island.

Id. Keokuck (Iowa). — Ce pont, qui était en construction en 1870, a été livré à la circulation le 20 juin 1871. Il relie un chemin de fer qui vient directement de Toledo (fond du lac Érié) avec un autre qui, remontant la rivière des Moines, va rejoindre la ligne de Burlington à Omaha.

Dans sa longueur totale de 668^{m},56, il comprend :

1° Contre la rive de Keokuk (la rive ouest), deux travées fermées par un pont tournant de 114^{m},81 de longueur totale. — Les poutres ont 10^{m},67 de hauteur dans le milieu et 8^{m},24 aux extrémités.

2° Deux autres travées à la suite, de 77^{m},31 d'ouverture pour chacune, dont les poutres ont 8^{m},24 de hauteur.

3° Huit autres travées dont les ouvertures varient de 45^{m},25 à 49^{m},28.

Biais de 170°15′.

Système Linville.

Les deux poutres, espacées de 6^{m},55 seulement, comprennent une voie cen-

trale pour wagons remorqués par des locomotives, et de chaque côté une voie pour omnibus à traction de chevaux. Il y a en outre deux trottoirs extérieurs de 1^{m},52 de largeur, protégés par un solide garde-corps en treillis.

Quincy (Illinois). — Ce pont, ouvert en 1868, a 4^{m},60 de largeur. Mississipi.

1° Grand bras (ouest) : longueur totale de 972^{m},65. — Dix-huit travées, dont l'ouverture varie de 47^{m},88 à 76^{m},25. — Tablier de 109^{m},80, dont les poutres ont 10^{m},98 de hauteur, et qui tourne sur une plaque de 9^{m},15 de diamètre. — Système Linville.

2° Petit bras (est) : longueur totale de 160^{m},12. — Six travées, dont l'ouverture varie de 25^{m},16 à 28^{m},97. — Système Bollman.

Construit par M. Thomas C. Clarke.

Saint-Louis (Missouri). — Pont à double étage, en construction (la route ordinaire est en haut). — Largeur de 15 mètres. — Longueur totale de 496^{m},12. — Arcs d'acier.—Une travée centrale de 158^{m},60 et deux travées latérales de 150^{m},61. Id.

Nous nous arrêterons longuement sur cet ouvrage ci-après.

Pittsburg (Penn.). — Pont suspendu en huit travées de 58^{m},25 d'ouverture. — 1846. Monongahela.

Pittsburg (Penn.). — Pont suspendu en quatre travées. Les deux du milieu ont chacune 105 mètres d'ouverture. — 1860. Alleghany.

1° Steubenville (Virginie occidentale). — A 109 kilomètres en aval de Pittsburg. C'est le premier pont de chemin de fer construit sur l'Ohio. Il l'a été en 1862-63 en vertu d'une autorisation générale donnée, pour les ponts à établir sur cette rivière, par acte du Congrès du 17 juillet 1862. Il appartient à la Compagnie du chemin de fer de Pittsburg à Cincinnati et Saint-Louis. Ohio.

Longueur entre les culées : 577^{m},97. — Huit travées ayant, d'axe en axe des piles, de 64^{m},05 à 99^{m},73. Le débouché libre de la travée marinière est de 92^{m},49; mais il est sensiblement réduit par l'obliquité variable des courants et par les enrochements qui sont indispensables pour protéger des piles fondées trop haut. Les ingénieurs du gouvernement proposent de le reconstruire dans des conditions moins onéreuses pour la navigation, la dépense à faire pour cette reconstruction devant être, par des raisons d'équité, mise pour une partie au moins à la charge du trésor public.

Fermes métalliques du système Linville. Le tablier est au bas des poutres dans la travée marinière, et en haut dans les autres.

Ohio. 2° Wheeling (Virg. occid.). — Pont pour route ordinaire, de 8m,54 de largeur, ouvert en 1849. Une île le divise en deux parties. Un pont suspendu, partant de la rive virginienne, relie les deux parties de la ville de Wheeling; un pont ordinaire en charpente franchit le petit bras, entre l'île et la ville de Bridgeport.

Le pont suspendu, emporté en 1854 par un ouragan, fut rétabli alors avec les anciens matériaux et consolidé en 1860. La distance est de 308m,05 entre les points de suspension et de 299 mètres entre les culées. Les tours s'élèvent à 18 et 21 mètres au-dessus de la route.

Le pont de Bridgeport a trois travées de 64m,66. Le tablier est supporté par trois fermes.

Id. 3° Bellaire (Virg. occid.). — Pont en construction en 1870. C'est la Compagnie du Baltimore & Ohio Railroad qui le construit, pour relier son artère principale avec le Central Ohio Railroad.

C'est encore ce qu'on appelle « un haut pont », n'ayant pas besoin de travées mobiles. Il a une longueur totale de 1220 mètres, dont 437m,67 sur la rivière elle-même. Six travées dont les longueurs, mesurées d'axe en axe des piles, varient de 64m,05 à 106m,14. Deux travées marinières ont seules le tablier inférieur.

Encore le système Linville.

Id 4° Parkersburg (Virg. occid.). — Autre pont en construction, et qui présente la plus grande analogie avec le précédent. La Compagnie du Baltimore & Ohio Railroad le construit pour relier son embranchement de Grafton à Parkersburg avec le Marietta & Cincinnati Railroad. Un retard d'une demi-heure ayant fait manquer (le 16 septembre) aux voyageurs de Cincinnati la correspondance de l'autre ligne, nous dûmes stationner à Parkersburg, de huit heures du matin à cinq heures du soir, en attendant le départ d'un autre train pour Washington.

Toutes les grandes piles de cet ouvrage monumental étaient achevées, et le tablier en partie posé. La longueur totale est de 1299m,91, y compris deux viaducs d'accès. Au-dessus de la rivière, qui est profondément encaissée, la

longueur du pont est de 469^{m},70 et se divise en six travées, deux de 106^{m},75 et quatre de 64^{m},05. Celles-ci ont le tablier supérieur. Les deux grandes travées marinières ont le tablier en dessous, plus bas même de 0^{m},45 que la semelle à laquelle sont suspendues les pièces de pont. Il reste ainsi 90 pieds de hauteur de passage par les grandes eaux et 40 pieds par les eaux basses (27^{m},45 et 12^{m},20).

Il n'y aura pas d'enrochements s'élevant à plus de 1^{m},50 en contre-bas de l'étiage; mais l'obliquité des courants réduira à 97 mètres l'ouverture franche des travées marinières.

Aux termes de l'autorisation conditionnelle qu'elle tenait du Congrès, la compagnie pouvait n'établir qu'une seule de ces deux travées. Mais le chenal sur lequel cette travée unique devait être placée, bien qu'étant le plus profond, n'était pas celui que suivent les convois de bateaux charbonniers, dont la circulation forme l'élément principal des transports de l'Ohio. Les deux intérêts en présence, comprenant avec une sagacité tout américaine l'utilité de prévenir des conflits ultérieurs, une seconde travée marinière fut construite moyennant un supplément de dépense dont le commerce de charbon paya la moitié.

Les viaducs d'accès sont construits non plus dans le système Linville, mais dans le système Bollman; les autorités de la petite ville de Parkersburg s'étaient opposées à la construction de voûtes en maçonnerie. Du côté de Bel-Pré (rive gauche), il y a six travées de 36^{m},90, et le tablier est en haut des poutres. Sur la rive droite, il y a trente-quatre travées, dont l'ouverture varie irrégulièrement de 30 mètres à 7^{m},50.

D'après l'ingénieur en chef, M. James L. Randolf, ce pont aura coûté 1.223.550 dollars (environ 6 millions de francs).

Sur aucun point peut-être de son cours, l'Ohio ne mérite mieux qu'à Parkersburg le nom que les colons français lui avaient donné (*la belle rivière*).

5° Cincinnati (Ohio). — Pont en construction pour un chemin de fer et une route ordinaire qui relieront la ville de Newport (Kentucky) à celle de Cincinnati. Nous en avons aperçu les piles déjà élevées, à 1500 mètres environ en amont du grand pont suspendu. D'après une autorisation accordée par le Congrès le 3 mars 1869, ce pont se construisait sans qu'on dût laisser à la naviga- Ohio

tion d'autre passage qu'une travée mobile dont le tablier devait être placé à 21^{m},35 au-dessus de l'étiage. Mais, sur un rapport présenté par les ingénieurs du gouvernement le 21 décembre 1870, le Congrès vient de prescrire à la Compagnie concessionnaire d'établir une travée marinière laissant 30^{m},50 de hauteur libre.

Ohio. 6° Cincinnati. — Pont suspendu pour route ordinaire. — Tablier de 10^{m},98 de largeur totale. — Travée centrale de 322 mètres entre les points de suspension. — Longueur de 686^{m},63 entre les culées.

Ouvert le 1er janvier 1867.

Id. 7° Louisville (Kentucky). — Ce pont, construit à l'amont des *chutes* de l'Ohio, relie les chemins de fer de l'État d'Indiana avec Louisville et le sud de l'Ohio. Il porte une seule voie de fer et deux trottoirs latéraux de 1^{m},83 de largeur, protégés chacun par deux garde-corps. Le plancher manque sur une zone centrale de 4^{m},27 de largeur.

Dans sa longueur totale de 1622^{m},19 entre les culées, le pont traverse trois chenaux navigables, y compris le canal de Louisville à Portland. Outre un pont tournant qui couvre deux travées sur le canal, à l'extrémité sud du pont, il y a deux travées marinières : l'une de 107^{m},44 de débouché libre, sur la chute dite du Milieu; l'autre de 115^{m},90 sur la chute dite de l'Indiana. Le surplus du pont se compose de vingt-trois travées, dont six ont une ouverture de 74^{m},87.

Les fermes du pont-tournant sont ce qu'on appelle des poutres Warren. Celles des deux travées marinières sont une variété du type dit *à triangles*, et ont le tablier inférieur. Toutes les autres sont des poutres armées (*trussed girders*) du système auquel l'ingénieur en chef du pont, M. Albert Fink, a donné son nom; elles ont le tablier supérieur. L'espacement des poutres est de 4^{m},88 d'axe en axe. Ce pont, fondé sur le roc, n'a pas eu besoin d'enrochements à l'entour des piles. Commencé en août 1867, il a été terminé le 12 février 1870.

La dépense s'est élevée, dit-on, à 8 millions.

Missouri. Omaha (Nebraska). — Pont en construction en 1870. — Onze travées de 76^{m},25. — Système Post. — Nous en reparlerons plus loin en détail.

Id. Kansas-City (Kansas). — Pont ouvert en 1869, et dont les piles, à peine sorties de l'eau, ont provoqué les plaintes les plus vives de la part des mariniers.

Construit au milieu de très-grandes difficultés de fondation par M. O. Chanute. Tablier tournant de 110^{m},80.

SAINT-CHARLES (Missouri). — Pont en construction, dont nous avons simplement aperçu au passage les hautes piles entièrement montées. Missouri.

Commencé en août 1868, il devait être terminé vers la fin de 1871. Il a coûté, dit-on, 9 millions à la Compagnie spéciale qui l'a construit et qui vient de le louer, à raison de 500,000 francs par an, à la Compagnie du North Missouri Railroad.

Ce pont a une longueur totale de 1993^{m},17, y compris des viaducs d'accès qui sont aussi en métal. Les sept travées qui sont sur la rivière proprement dite ont des ouvertures variant de 93 à 98 mètres. La superstructure appartient au système Fink.

La fondation des sept piles et des deux culées, à des profondeurs qui ont varié de 16^{m},47 à 23^{m},18, à travers des alternances de sable bouillant, de gros blocs et d'arbres enchevêtrés, a présenté de très-grandes difficultés. Le Missouri a en cet endroit des crues de 12 mètres; la vitesse du courant atteint jusqu'à 15 kilomètres à l'heure; les grandes crues charrient quelquefois des îlots tirant 6 mètres d'eau et ayant près de 100 mètres de diamètre[1].

C. BASSIN DU SAINT-LAURENT.

CHICAGO (Illinois). — Ponts-tournants pour rues, en bois et fer, couvrant chacun deux passages de 20 mètres d'ouverture, légers, économiques, et se manœuvrant à chaque instant avec une grande rapidité. Rivière de Chicago.

CHICAGO. — Pont-tournant en tôle pour chemin de fer. — Longueur de 60 mètres environ. — Système Linville. Id.

NIAGARA-FALLS (N.-Y.). — Pont suspendu pour route ordinaire. — 4 mètres de largeur; 386^{m},84 d'ouverture entre les points de suspension. — Ouvert le 1er janvier 1869. Niagara.

PONT D'AVAL (N.-Y.). — Pont suspendu à double étage (les rails en dessus). — Niagara.

[1] Ces renseignements sur le pont de Saint-Charles sont extraits de l'*Engineering* de Londres, excellent journal auquel nous avons fait plus d'un emprunt.

Deux fermes en charpente et fer rentrant dans le système Murphy-Whipple. — Terminé en 1855. — 244 mètres de longueur entre les culées.

Saint-Laurent. MONTRÉAL (Canada). — Pont tubulaire pour chemin de fer à deux voies. — Vingt-trois travées, dont l'ouverture maximum est de 100^{m},65.

Ainsi, pour ne parler que des grands ponts, on avait terminé en 1867 celui de Cincinnati (le pont suspendu); en 1868, celui de Quincy; en 1869, ceux de Harlem, de Niagara-Falls, de Dubuque et de Kansas-City. Nous en avons trouvé douze autres en voie d'exécution et qui devaient se terminer presque tous en 1870 ou 1871, savoir :

Sur la Rivière de l'Est :	entre New-York et Brooklyn.
Sur l'Hudson :	à Albany,
Sur l'Ohio :	à Bellaire,
—	à Parkersburg,
—	à Cincinnati (Newport),
—	à Louisville.
Sur le Mississipi :	à Clinton,
—	à Rock-Island,
—	à Keokuk,
—	à Saint-Louis.
Sur le Missouri :	à Omaha,
—	à Saint-Charles.

Et cette nomenclature peut bien être incomplète.

Arrivant aux explications, nous ne dirons que quelques mots des ponts en charpente, car le système Howe est bien connu en Europe ; on en a fait surtout des applications nombreuses dans l'Allemagne du Sud. Nous nous étendrons un peu sur les ponts en fermes métalliques et sur les nouveaux ponts suspendus. Puis, passant de la superstructure aux fondations, nous entrerons dans des détails spéciaux sur l'emploi que nous avons vu faire de l'air comprimé à Omaha, à Saint-Louis et à Brooklyn. Enfin nous terminerons le chapitre des routes et ponts par quelques renseignements sur les ponts considérés au point de vue de la navigation.

§ 3. — DES PONTS EN CHARPENTE DU SYSTÈME HOWE.

Les poutres de Long consistaient en deux longrines reliées par des poteaux verticaux et des croix de Saint-André. Ces liens étaient chevillés à leurs extrémités avec les longrines; mais les deux branches de la croix n'étaient pas chevillées entre elles. De plus, on doublait ceux de ces liens qui, dans chaque moitié de la poutre, vont en descendant vers la culée voisine; le *contre-lien*, dirigé en sens inverse, demeurait simple et passait entre les deux liens jumeaux.

Howe modifia ce système en substituant aux poteaux des boulons verticaux fixés à l'aide d'un écrou et en supprimant les chevilles des croisillons. Dès lors les pièces verticales ne furent plus que des tirants transmettant à la semelle supérieure les pressions verticales exercées sur la semelle inférieure; les liens inclinés ne furent plus que des entretoises rigides, hors d'état de travailler par extension, transmettant simplement à la semelle inférieure les pressions verticales exercées sur l'autre. Toute pression isolée put se transmettre de proche en proche sans que le passage d'une locomotive, par exemple, fît brusquement passer les liens de la compression à l'extension. — Voilà, croyons-nous, la justification théorique du système Howe.

Les semelles sont généralement pareilles: chacune d'elles se compose de deux, trois, quatre longrines de $0^m,30$ de hauteur sur $0^m,25$ de largeur, juxtaposées avec des vides de 3 ou 4 centimètres, par lesquels descendent autant de grands boulons verticaux. La tête et l'écrou agissent sur deux plaques qui s'appliquent extérieurement sur l'ensemble des semelles. Les boulons sont d'un diamètre constant. Les liens inclinés ont ou du moins devraient théoriquement avoir un équarrissage croissant du milieu de la poutre à la culée, tandis que l'équarrissage des contre-liens doit varier en sens inverse.

Le premier pont de ce système que nous ayons examiné a été établi sur la rivière de Landing (Virginie), pour le chemin de fer de Norfolk à Weldon, dans des conditions d'économie extrême. Il est à simple voie et supporté par de simples palées à $9^m,76$ au-dessus du niveau de l'eau. Il comprend quatre travées **Pont de Landing-Creek.**

de 15^{m},25 d'ouverture. Construit en charpente grossière, sans autres ouvriers d'art que les nègres du pays, il n'a coûté que 98 francs par mètre courant.

Pont de Weldon.

Le même chemin de fer franchit le Roanoke à l'est de la station de Weldon (Caroline du Nord), sur un pont qui, détruit pendant la guerre de la Sécession, a été reconstruit en 1866 dans des conditions également très-économiques, comme tous les ouvrages d'art de ce pays alors ruiné. Il se compose de onze travées de 48^{m},80 d'ouverture. Les rails sont établis au niveau de la semelle supérieure, à 18^{m},50 au-dessus du niveau de l'eau. Des bordages en planches, qui descendent sur les flancs extérieurs des poutres pour les préserver de la pluie et du soleil, contribuent à donner à l'ensemble du pont l'apparence d'un coffre de 5^{m},50 de hauteur sur une largeur presque égale. Un plafond revêtu de tôle prévient l'introduction des charbons incandescents. Les plaques de revêtement sont inclinées vers l'axe de la voie, pour assurer l'écoulement des eaux pluviales. — Ce pont a coûté 667 francs par mètre courant.

Pont du Havre-de-Grâce.

Le chemin de fer de Philadelphie à Baltimore, qui traverse la Susquehanna presque à son embouchure dans la baie de la Chesapeake, en vue de la ville du Havre-de-Grâce, livra jusqu'en 1868 ses wagons à un bateau à vapeur qui les portait d'une rive à l'autre du fleuve. On voit encore au flanc de la berge de gauche l'estacade qui permettait aux wagons de descendre. Il existe depuis cette époque un pont d'un kilomètre environ de longueur (douze travées de 76^{m},25). Les piles sont en maçonnerie, et leur longueur de 10^{m},67 permettra qu'elles portent un jour deux voies de fer avec superstructure métallique. Mais, par une transition ménagée, on n'a posé qu'une seule voie, supportée par des poutres en charpente. Ces poutres sont du système Howe, mais avec addition d'arcs en bois.

Chemin de fer du Pacifique.

La partie du chemin de fer du Pacifique comprise entre Omaha et Ogden comprend quarante et un ponts du système Howe; leur longueur totale est de 3.078 mètres.

Au mois de décembre 1866, la Compagnie concessionnaire de cette ligne s'occupant déjà du pont à établir à Omaha sur le Missouri, on demanda à la maison L. B. Boomer (de Chicago) en combien de temps et à quels prix elle s'engagerait à fournir et monter 2.000 pieds de pont du système Howe, soit en

travées fixes de 150 pieds avec deux travées mobiles de 100 pieds chacune, soit en travées fixes de 200 pieds avec deux travées mobiles de 150 pieds, les piles et culées devant être fondées sur le roc à 8 ou 10 pieds au-dessous de l'étiage pour moitié ou trois quarts de la longueur de la rivière et sur pieux et enrochements pour le surplus. Il était d'ailleurs stipulé que le pont devait servir pendant huit à dix ans. Le constructeur répondit :

1° Qu'il livrerait le pont à Chicago en quatre-vingt-dix jours et emploierait, pour le monter sur place, de quarante à soixante jours;

2° Que les prix, indépendamment des frais du transport de Chicago à Omaha, seraient les suivants :

	OUVERTURE.		PRIX.	
	EN PIEDS.	EN MÈTRES.	EN DOLLARS, par pied courant.	EN FRANCS, par mètre courant.
A. Pour travées fixes.	150	45m,75	44	733
	200	61	56,25	939

B. Pont-tournant recouvrant deux ouvertures de 150 pieds chacune : 100 dollars par pied courant, ou 1.667 francs par mètre courant, plus pour l'appareil de rotation 6.500 dollars (32.500 francs).

Ces prix étaient donnés dans l'hypothèse que le pont dût avoir la hauteur ordinaire des ponts de service (*false bridges*). — Cet exemple peut servir à apprécier le double avantage que les ponts de bois présentent sous le rapport de la rapidité d'exécution et de l'économie de premier établissement.

§ 4. — DES PONTS EN POUTRES OU FERMES MÉTALLIQUES A GRANDES MAILLES[1].

Classification des poutres.

Le mot *truss* (poutre ou ferme), pris dans son acception la plus générale, désigne un système de pièces combinées de manière à transmettre aux piles et culées d'un pont le poids des charges roulantes et celui du pont lui-même, sans

[1] Nous prenons pour guide principal, dans cette partie du Rapport, un ouvrage publié par le col. W. E. Merrill, l'un des ingénieurs pour lesquels le général Humphreys nous avait donné des lettres d'introduction. M. Merrill est actuellement attaché au service de la navigation de l'Ohio.

qu'il y ait finalement d'action horizontale exercée sur ces appuis. Mettant de côté les poutres pleines (*girders*), on peut ramener d'abord à trois classes les poutres à claire-voie (*open work girders*, *skeleton girders*) communément employées aux États-Unis, savoir :

1° Les poutres en *bowstring* (*parabolic trusses*), dont la semelle supérieure est un arc de parabole;

2° Les poutres armées (*trussed girders*, *suspension girders*), dans lesquelles la semelle inférieure n'est pas indispensable et se supprime ordinairement;

3° Enfin les poutres auxquelles s'applique plus spécialement le nom de *truss* et qu'on pourrait définir ainsi : poutres à deux semelles horizontales, à grandes mailles et sans rivets.

Ajoutons tout de suite, pour que l'on embrasse le cadre entier de l'exposé, que la classe des poutres à deux semelles horizontales comprend cinq types principaux auxquels, suivant l'usage américain, s'est attaché le nom d'un ingénieur, savoir :

A. Le type Howe ou Jones. — Tirants verticaux et entretoises inclinées.
B. Le type Murphy-Whipple, ou Howe interverti.
C. Le type Linville ou Pratt.
D. Le type Post.
} Montants rigides et tirants inclinés.
E. Le type *à triangles*.

Le type A s'applique mieux au bois qu'au métal. Les types B, C, D, sont quelquefois rangés sous la dénomination commune de *quadrangulaires;* ils paraissent plus en faveur aujourd'hui que les autres. Dans le type dit *triangulaire* ou *à triangles*, la liaison des semelles consiste essentiellement en des liens qui vont de l'une à l'autre en formant des triangles équilatéraux dont les bases sont alternativement en haut et en bas.

Les poutres à treillis (*lattice girders*) pourraient être classées dans la forme quadrangulaire ou dans la forme triangulaire, suivant qu'elles ont ou n'ont pas de montants verticaux.

Nature des pièces dont les poutres à grandes mailles se composent.

La signification précise des noms a ici une importance spéciale. Nous employons l'expression de *semelles*, communément admise par les constructeurs

français, parce qu'elle nous paraît répondre un peu moins mal que les expressions de plates-bandes ou de tables à ce que les Américains appellent *top-chord* et *bottom-chord*. Ces *chords*, en effet, n'ont rien de commun avec les bandes de tôle de nos poutres à double té. La semelle supérieure, qui ne travaille que par compression, se fait soit en fonte, soit en poutrelles creuses de tôle : sa section transversale est celle d'un caisson, d'une pièce évidée, quelquefois cylindrique à l'intérieur et polygonale à l'extérieur, plus rationnelle de forme que ne l'est un rectangle d'une épaisseur très-petite par rapport à la longueur de la pièce comprimée. Cette semelle est d'ailleurs divisée en tronçons (*segments*) qui n'ont besoin que d'être juxtaposés bout à bout, et dont on limite la longueur bien moins à raison des difficultés de fabrication que pour ne pas diminuer la résistance à la compression; cette longueur est ordinairement comprise entre 3 et 4 mètres. C'est toujours au point de jonction de deux tronçons que viennent aboutir les liens (*braces*) verticaux ou inclinés. Un manchon spécial, portant des oreilles venues de fonte pour le passage des tirants, peut faciliter l'assemblage. — La semelle inférieure, qui ne travaille que par extension, se fait toujours en fer. Elle se divise en segments articulés correspondants à ceux de la semelle supérieure, c'est-à-dire ayant la longueur uniforme des panneaux (*panels*) entre lesquels la poutre est divisée. Cette semelle se compose tantôt de tôles diversement combinées, tantôt de chaînons ou anneaux allongés, tantôt de barres de fer méplat terminées par un œil à chacune de leurs extrémités. On en juxtapose horizontalement autant qu'il en faut pour avoir en totalité la section requise, section qui doit croître en approchant du centre des travées.

On peut faire en fonte et même par économie en bois les *liens* qui doivent être rigides; mais on les fait aussi en tôles agencées de façon à résister au flambage. Si ces liens sont verticaux (ou à peu près), ce sont des poteaux (*posts*); s'ils sont inclinés, on les appelle *struts* et *counter-struts*, ce que nous pourrions traduire par *bracons* et *contre-bracons*. Les liens et contre-liens qui travaillent par extension (*ties* et *counter-ties*) sont des tiges cylindriques terminées par des boucles ou des barres de fer méplat terminées par des œils. Les tirants portent fréquemment et les contre-tirants portent toujours (au moins dans les

exemples que nous avons eus sous les yeux) un pas de vis qui permet d'en régler la longueur et la tension postérieurement à la pose.

La pièce capitale des assemblages, c'est un fort goujon cylindrique en fer ou en acier, que sa forme rend également apte à recevoir et à transmettre dans tous les sens les efforts de compression des pièces rigides et les efforts de traction des autres : ces liens divers peuvent osciller autour de la charnière et prendre d'eux-mêmes la direction précise qui se prête le mieux à la transmission des efforts.

A ce même goujon se suspendent les pièces de pont, quand le tablier doit être placé au niveau des semelles inférieures, ce qui est de beaucoup le cas le plus fréquent. Le pont est dit alors *overgrade-bridge* (pont au-dessus des rails) ou *through-bridge* (pont qu'on traverse de part en part). Quand le tablier est au niveau des semelles supérieures, le pont est dit *deck-bridge* (pont-tillac) ou *undergrade-bridge* (pont au-dessous des rails). — Il va sans dire qu'un contreventement horizontal relie celles des semelles qui ne sont pas reliées par les pièces de pont. La plupart des ponts américains sont faits pour une seule voie de fer. L'intervalle des deux poutres est de 5 mètres environ au pont construit en 1868 à Quincy, et de $5^{m},50$ au projet du pont qui se construit présentement à Omaha.

Mode de calcul.

Les poutres ainsi constituées ne sont pas assimilées à des prismes flexibles dans les calculs de résistance. Les ingénieurs américains expliquent par le seul principe du parallélogramme des forces la transmission aux culées des poids concentrés sur les pièces de pont. Cette transmission donne lieu à des efforts qui se cumulent. On cherche quel est, pour chaque segment de l'une ou de l'autre semelle, pour chaque montant, pour chaque lien ou contre-lien, la valeur maximum de l'effort total qui se produira quand une locomotive, remorquant un train, viendra se poser successivement à l'aplomb de chacun des montants : de cette valeur maximum on déduit le nombre de millimètres carrés que doit présenter la section transversale, en ayant égard à la longueur des pièces comprimées.

Tel est le mode de calcul exposé et appliqué tout au long dans l'ouvrage du col. Merrill. On en trouve d'autres applications dans un substantiel rapport pu-

blié par M. l'ingénieur en chef Clarke sur la construction du pont de Quincy. (Ces ouvrages figurent parmi les documents-annexes.) Nous nous bornerons, dans ce qui va suivre, à quelques explications propres à faire comprendre la marche suivie.

1re CLASSE. — POUTRES EN BOWSTRING.

Ces poutres étant bien connues quant à la forme, nous n'en dirons que quelques mots.

La digue en maçonnerie du réservoir dans lequel on retient les eaux du Croton pour les envoyer à New-York forme d'un bout à l'autre déversoir de superficie, à l'exception d'une pile centrale à laquelle on accède par une passerelle de 1m,55 de largeur et 22 mètres d'ouverture. La semelle supérieure des deux poutres a la forme d'un arc de 1m,90 de flèche. Les panneaux ont 1m,90 de largeur. Les montants sont en fonte pleine; les tirants sont des tiges de fer divisées chacune en deux morceaux qu'on réunit par un étrier à vis. Ce petit ouvrage, construit en 1852, a une élégance d'aspect qui tient en partie à l'emploi qu'on y a fait de fers creux : ces fers, de 0m,04 environ de diamètre, sont d'un grand usage aux États-Unis pour la conduite du gaz. On en a juxtaposé quatre pour former la semelle supérieure, en les réunissant à l'aplomb de chaque montant par un petit collier à brides. En plaçant un des quatre tubes en dessus et un autre en dessous, on a obtenu plus de légèreté que n'en eût présenté un tuyau unique de même force. Les pièces de pont et les arcs-boutants extérieurs des montants sont également en fer creux. Passerelle du Croton.

Comme second exemple de poutres en *bowstring*, nous citerons le pont construit sur la rivière de Harlem, à l'extrémité de la 4e avenue de New-York. Ce pont métallique, qui comprend deux voies charretières et deux passages de piétons, se compose de quatre travées, dont deux fixes de 39m,65 d'ouverture, et deux autres de 24m,40 couvertes par un pont qui tourne sur la pile intermédiaire. La semelle supérieure, formée d'un caisson en tôle de 0m,50 environ de hauteur et 0m,60 de largeur, est très-lourde d'aspect. Pont de Harlem.

2e CLASSE. — POUTRES ARMÉES.

1° POUTRE FINK.

Il y a pour les poutres armées deux types particulièrement connus : ce sont ceux auxquels MM. Albert Fink et Bollman ont donné leurs noms. Nous nous occuperons d'abord du premier.

Le tracé de la poutre Fink s'obtient ainsi qu'il suit : la semelle supérieure (qui est ici la semelle unique) étant supportée à ses deux extrémités par deux montants rigides A*a* et R*r*, on la soutient en son milieu par un autre montant I*i*, dont le pied est rattaché par deux tirants *i*A, *i*R, aux extrémités de la semelle. Considérant alors le point milieu I comme fixe, on divise en deux chacune des moitiés de la semelle, et on soutient ces deux nouveaux points milieux E et N par deux nouveaux montants E*e* et N*n*, dont le pied est rattaché par deux tirants aux extrémités de la moitié correspondante de la semelle. On continue de subdiviser ainsi, jusqu'à ce que l'intervalle des montants soit réduit à une dimension convenable pour les panneaux. Si l'on voulait n'avoir que douze panneaux au lieu de seize, on diviserait l'espace IN en trois parties au lieu de quatre. — On n'a pas besoin ici de semelle inférieure pour la fonction qu'elle remplit ordinairement ; néanmoins, on établit de *a* en *b*, de *b* en *c*, etc., une file de pièces rigides qui maintiennent l'écartement des points *a*, *b*, *c*...

Pour montrer comment les poids se transmettent dans la poutre Fink, M. Merrill suppose une charge isolée W suspendue en *m*. Elle produit dans les deux tirants *m* L et *m* N deux tensions égales à $\frac{\frac{1}{2}W}{\cos\alpha}$, α étant l'angle du tirant avec la verticale. La tension transmise en N s'y transforme en deux efforts de compression suivant la semelle supérieure N A et suivant le montant N*n* : la première ayant pour valeur $\frac{1}{2}$ W tang α et la seconde $\frac{1}{2}$ W. — Celle-ci, qui se transporte en *n*, y fait naître suivant les tirants *n*I et *n* R des tensions égales à $\frac{1}{4}\frac{W}{\cos\alpha'}$. La tension transmise en R y produit une compression horizontale $\frac{1}{4}$ W tang α' et une compression verticale $\frac{1}{4}$ W qui est détruite par la culée : voilà donc $\frac{1}{4}$ du poids pri-

mitif arrivé à destination. — Nous avons laissé en route deux tensions dirigées suivant mL et suivant nI. Si on les reprend et qu'on les suive dans leurs décompositions successives, on trouve que la fraction du poids W qui passe par les divers tirants et arrive aux deux culées A et R est donnée par le tableau suivant :

						A.	*R.*
Au point m (1).	Tirant mN $\left(\frac{1}{2}\right)$	nR $\left(\frac{1}{4}\right)$					$\frac{1}{4}$
		nI $\left(\frac{1}{4}\right)$	iR $\left(\frac{1}{8}\right)$				$\frac{1}{8}$
			iA $\left(\frac{1}{8}\right)$			$\frac{1}{8}$	
	Tirant mL $\left(\frac{1}{2}\right)$	lN $\left(\frac{1}{4}\right)$	nR $\left(\frac{1}{8}\right)$				$\frac{1}{8}$
			nI $\left(\frac{1}{8}\right)$	iR $\left(\frac{1}{16}\right)$			$\frac{1}{16}$
				iA $\left(\frac{1}{16}\right)$		$\frac{1}{16}$	
		lI $\left(\frac{1}{4}\right)$	iR $\left(\frac{1}{8}\right)$				$\frac{1}{8}$
			iA $\left(\frac{1}{8}\right)$			$\frac{1}{8}$	
					Totaux	$\frac{5}{16}$	$\frac{11}{16}$

Ainsi le poids se transmet aux culées en deux fractions inversement proportionnelles (comme on devait s'y attendre) aux distances qui l'en séparent. Les trois montants Nn, Ll, Ii, sont mis en jeu pour cette transmission, en sus des montants extrêmes. En additionnant les compressions partielles qui s'y opèrent, on aura la compression totale que subit chacun d'eux par le seul fait de la charge W. On obtient de même la tension totale de chaque tirant et la compression totale de chacun des segments de la semelle supérieure.

Cela posé, si l'on imagine d'une part qu'un poids tel que W, égal à une fraction déterminée de la charge permanente du pont, soit suspendu à chacun des points b, c..., q, d'autre part qu'un train s'avance progressivement de manière que la tête soit en b, puis en c, etc., et si l'on calcule, pour chacune de ces positions du train, l'effort total auquel chaque pièce est soumise, on en déduira l'effort maximum et par suite la section.

Comme application numérique, supposons avec M. Merrill, savoir :

Que l'ouverture *ar* de la travée est de 200 pieds (61^m);

Qu'elle comprend 16 panneaux de 126 pieds 6 pouces (3^m,81) de longueur;

Que la hauteur de la poutre est de moitié en sus, soit 5^m,71 ;

Que le tablier est placé au bas de la poutre (bien qu'avec le système Fink le tablier se place mieux en haut);

Que le pont pèse 300.000 livres, ce qui fait 150.000 pour chacune des deux poutres et 9.375 $= w'$ au pied de chacun des quinze montants intermédiaires;

Que les wagons d'un train pèsent 2.104 livres par pied courant, soit 1.052 livres pour chacune des poutres, et par panneaux $1.052 \times 12'5 = 13.150$ livres $= w'$;

Que la locomotive pèse *en plus* par panneau $e = 4.448$ livres, soit *en tout* par panneau 17.600 livres, et que ce poids peut porter sur deux montants à la fois (on évalue à 88.000 livres le poids de la machine);

Enfin que le tender pèse par panneau 16.160 livres, soit $t = 3.008$ livres de plus que les wagons, et que ce poids peut, comme celui de la machine, porter sur deux montants à la fois.

Quand la tête du train est en *m* par exemple, il y a en ce point une charge $w'' = 9.375$ livres, provenant du poids permanent du pont, plus une charge $w' + e$ provenant de la machine. En *l*, la charge est également $w'' + w' + e$. En *k* et en *i*, elle est (à cause du tender) $w'' + w' + t$. En *h*, *g*, *f*..., elle est simplement $w'' + w'$, tandis qu'en *n*, *o*, *p* et *q* elle se réduit à w''. Occupons-nous successivement des montants, des tirants et de la semelle.

Des neuf montants I*i*, K*k*,... Q*q*, R*r*, il y en quatre (K*k*, M*m*, O*o*, Q*q*) qui, dans l'hypothèse faite d'un tablier placé au bas de la poutre, n'ont pas autre chose à supporter que le poids d'un segment de la semelle supérieure et des pièces du contreventement horizontal qui s'y rattachent. La compression maximum a lieu pour le montant L*l* quand la tête du train est en *m* et pour les quatre autres montants (I*i*. N*n*, P*p*, R*r*), quand la tête est en *q*. Ces efforts maxima seront les mêmes pour les montants placés symétriquement dans l'autre moitié de la poutre, car le train peut marcher en sens inverse. Conséquemment, il suffit de supposer la tête du train en *m*, puis en *q*; de calculer dans la pre-

mière hypothèse la somme des compressions exercées sur le montant Ll et, dans la seconde, la compression totale de chacun des quatre montants Ii, Nn, Pp, Rr. Les données admises conduisent aux résultats suivants :

Montant Ii. . . .	$7(w'+w'')+\frac{3}{8}e+\frac{7}{8}t=$	161.989 livres.
Kk.		0
Ll. . . .	$3(w'+w'')+\frac{3}{4}e+\frac{3}{4}t=$	26.255
Mm.		0
Nn.. . .	$3(w'+w'')+\frac{3}{4}e+\frac{3}{4}t=$	73.173
Oo.		0
Pp.. . .	$(w'+w'')+\frac{1}{2}e+\frac{1}{2}t=$	26.255
Qq.		0
Rr. .	$\frac{15}{2}(w'+w'')+\frac{29}{16}e+\frac{25}{16}t=$	181.715

Passons aux tirants.

Les quatre montants Kk, Mm, Oo et Qq ne recevant des autres parties de la poutre et ne transmettant à leur pied aucun effort de compression, les charges directes sont seules à considérer aux points k, m, o, q, et leur maximum correspond au cas où la locomotive se trouve en chacun de ces points. Ce maximum est donc $w''+w'+e$. Par suite la tension maximum de chacune des quatre paires de tirants qui aboutissent à ces points est égale à $\frac{1}{2}(w''+w'+e)\frac{1}{\cos\alpha}$. La hauteur de la poutre étant ici les $\frac{3}{2}$ de la largeur d'un panneau, on a $\frac{1}{\cos\alpha}=\frac{\sqrt{13}}{3}$; par suite la tension cherchée est

$$\frac{1}{2}(w'+w''+e)\times\frac{1}{3}\sqrt{13}=16.210 \text{ livres.}$$

Pour les deux paires de tirants qui aboutissent en l et en p, les charges directes s'augmenteront de la compression que nous avons trouvée ci-dessus ; la tension maximum sera

$$\frac{1}{2}[26.255+(w'+w''+e)]\times\frac{1}{3}\sqrt{25}=44.358 \text{ livres.}$$

Pour les deux tirants qui aboutissent en n, la compression maximum du montant Nn se produisant quand la tête du train est en q, c'est le poids du tender (et non plus celui de la machine) qui pèsera directement au point n. On aura donc pour la tension maximum

$$\frac{1}{2}[73.173 + (w' + w'' + t)] \times \frac{1}{3}\sqrt{73} = 140.560.$$

Enfin les deux tirants aboutissant au point milieu i auront pour tension maximum

$$\frac{1}{2}[161.989 + (w' + w'')] \times \frac{1}{3}\sqrt{265} = 500.617.$$

Le maximum de la compression développée dans la semelle supérieure correspondra à celui de la charge totale du pont; il se produira conséquemment quand la tête du train sera en q. On aura alors $w' + e$ en p et en q, $w' + t$ en n et en o, w' en tous les autres points et de plus w'' partout. Chaque charge agissant sur la poutre indépendamment des autres, il faut déterminer les compressions produites sur chacun des segments de la semelle par chacune des quinze charges et additionner. M. Merrill arrive ainsi aux résultats suivants :

Sur AI.	649.731	livres.
IL.	661.198	
LN.	661.198	
NP.	667.652	
PR.	667.652	

Le train pouvant venir de droite à gauche aussi bien que de gauche à droite, la moitié AI de la semelle ne peut pas être plus faible que l'autre. Conséquemment on doit prendre 661.652 livres pour les deux quarts extrêmes de la semelle et 661.198 livres pour la portion intermédiaire, si tant qu'il y ait utilité pratique à introduire un changement pour une aussi faible différence.

Pont de Louisville.

Comme exemple de l'application du système de M. Fink, nous citerons le grand pont que cet ingénieur vient de construire lui-même à Louisville. (Voir l'état qui termine le § 2.) 23 des 28 travées du pont sont dans ce système, dont le dessin primordial a toutefois été simplifié.

Le même système a été depuis longtemps appliqué à plusieurs ponts du chemin de fer de Baltimore à l'Ohio. On en trouve un exemple dans la collection des dessins distribués aux élèves de l'École des ponts et chaussées, 4e série, section C, pl. 4, 1re livraison du texte. Nous avons retrouvé à peu près les mêmes dispositions sur le Potomac, à Harper's Ferry (nous n'avons vu ce pont qu'au passage). Dans un but de décoration, on venait de peindre les semelles et les montants en noir, tandis que les tirants inclinés étaient peints en bleu clair.

Chemin de fer de Baltimore à l'Ohio.

2° POUTRE BOLLMAN.

Un second type de poutre armée est celui qui porte le nom de M. Bollman.

Supposons, comme précédemment, une semelle supérieure A R s'appuyant par deux montants sur les culées. On la divise en 16 parties égales, on place des montants à chacun des points de division et on réunit le pied de tous ces montants par une paire de tirants aux deux extrémités de la semelle. Chaque poids, se partageant entre les deux tirants, se transporte aux culées immédiatement, sans le concours d'aucun montant. Les composantes verticales R l' et A e' ou ml et me sont inversement proportionnelles aux distances qui séparent le point m des culées : car, si on mène les horizontales sl et ef, que l'on compare les triangles semblables fme et m Aa, msl et Rmr, en observant que l'égalité des triangles mfd et msd (qui ont même base) entraîne l'égalité des hauteurs, on a

$$\frac{ml}{\mathrm{R}r}=\frac{sl}{mr}$$

et $$\frac{m}{\mathrm{A}a}=\frac{ef}{ma}$$

d'où, en divisant membre à membre

$$\frac{ml}{me}=\frac{a'l}{al}$$

W désignant la charge placée en m, on a pour la tension du tirant mR

$$\mathrm{R}s'=ms=\frac{ml}{\cos\alpha}=\text{séc}\ \alpha\times\mathrm{W}\frac{a'}{a+a'}$$

et pour celle du tirant m A

$$\text{séc}\,\alpha' \times W \frac{a'}{a+a'}$$

Ce même poids W exerce sur la semelle supérieure deux efforts de compression :

l'un en R, agissant de droite à gauche, égal à tang. $\alpha \times \frac{a}{a}$,

l'autre en A, agissant de gauche à droite, égal à tang. $\alpha' \times \frac{a'}{a+a'}$,

soit, en appliquant les données numériques relatives au point m,

$$\text{en A.} \ldots \frac{22}{3} \times \frac{5}{16} W = \frac{55}{24} W$$

$$\text{en R.} \ldots \frac{10}{3} \times \frac{11}{16} W = \frac{55}{24} W$$

Ainsi les deux compressions opposées sont égales.

Voyons maintenant comment on calcule les efforts *maxima* sur les montants, sur les tirants et sur la semelle supérieure.

Les 15 montants intermédiaires ne subissent aucune compression si, comme on le suppose ici, les charges sont placées à la partie inférieure. Nous verrons tout à l'heure à quoi ils servent. — Les compressions qui s'accumulent sur le poteau extrême Rr atteignent évidemment leur maximum quand le pont est couvert d'un train dont la tête est en q; ce poteau reçoit alors :

De la charge qui est au point b. . . $\frac{1}{16}(w'+w'')$

— — c. . . $\frac{2}{16}(w'+w'')$

— m. . . $\frac{11}{16}(w'+w'')$

— — n. . . $\frac{12}{16}(w'+w''+t)$

— — o. . . $\frac{13}{16}(w'+w''+t)$

— — p. . . $\frac{14}{16}(w'+w''+e)$

— — q. . . $\frac{15}{16}(w'+w''+e)$

Faisant la somme, on obtient pour la compression totale

$$\frac{15}{2}(w'+w'')+\frac{29}{16}e+\frac{25}{16}t=131.715 \text{ livres.}$$

Passons aux tirants. — Chaque paire subit son maximum de tension quand la locomotive se trouve à l'aplomb de la pièce de pont qui pèse sur cette paire : le poids maximum est donc $w'+w''+e$. On a en conséquence.

Pour le tirant bR. . . $\frac{1}{16}(w'+w''+e)\times\frac{1}{3}\sqrt{909}=$ 33.887 livres.

— cR. . . $\frac{2}{16}(w'+w''+e)\times\frac{1}{3}\sqrt{793}=$ 63.302

— iR. . . $\frac{9}{16}(w'+w''+e)\times\frac{1}{3}\sqrt{265}=$ 146.374

— qR. . . $\frac{15}{16}(w'+w''+e)\times\frac{1}{3}\sqrt{13}=$ 60.787

Arrivons à la semelle supérieure. — Toutes les compressions de la semelle, s'exerçant par l'une des extrémités, se font également sentir d'un bout à l'autre dans tous les segments ; donc la compression totale est uniforme ; elle atteindra son maximum quand le pont sera couvert par un train dont la tête se trouvera en q. Les compressions partielles seront alors :

Venant du poids placé en b. . . $\frac{15}{24}(w'+w'')$

— — en c. . . $\frac{28}{24}(w'+w'')$

— — en i. . . $\frac{64}{24}(w'+w'')$

— — en n. . . $\frac{48}{24}(w'+w''+t)$

— — en q. . . $\frac{15}{24}(w'+w''+e)$

soit, en faisant la somme,

$$\frac{680}{24}(w'+w'')+\frac{43}{24}e+\frac{87}{24}t=657.138 \text{ livres.}$$

La semelle supérieure ne supporte pas d'autre effort que celui-là. Mais les montants et par suite les tirants peuvent supporter, outre les efforts que nous avons calculés ci-dessus et que M. Merrill appelle efforts *directs*, un effort additionnel

provenant de ce que la semelle, forcément composée de morceaux distincts, peut tendre à se soulever ou à s'abaisser aux points de jonction des segments. Cette tendance se produit quand, par quelque défaut de construction ou de pose, deux segments consécutifs ne se trouvent pas exactement en ligne droite. Ainsi supposons que le centre de pression, au lieu d'être sur l'horizontale N L, soit en M : la compression M a se décomposera en M c et M b. M b est l'effort additionnel, l'*extra-strain*, la tendance soit au soulèvement soit à l'abaissement, qu'il faut combattre comme si elle devait certainement se produire. Les montants intermédiaires servent à prévenir tout affaissement. Pour prévenir l'exhaussement on doit, suivant M. Merrill, ajouter ce qu'il appelle des tirants de panneau, c'est-à-dire deux tirants placés en diagonale dans chacun des rectangles de la poutre; l'expérience a, dit-il, démontré la nécessité de compléter ainsi la poutre Bollman, et il regarde cette addition comme également nécessaire pour la poutre Fink.

Cela étant, il faudrait se faire hypothétiquement une idée de ce que peut être l'effort M B. On en déduirait la section à donner aux montants intermédiaires et aux tirants de panneaux. Ces montants et ces tirants transmettraient eux-mêmes un effort additionnel à tous les tirants principaux et par suite aux deux montants extrêmes : les efforts maxima que nous avions précédemment trouvés devraient être augmentés d'autant.

Le rapport $\frac{Mb}{Ma}$ est égal à $\frac{Md}{dN}$. M. Merrill, pour rendre son observation plus sensible, suppose que la semelle ait jusqu'à 18 pouces ($0^m,45$) de diamètre et que l'écart M d puisse atteindre 9 pouces ($0^m,22$). Les panneaux ayant 12 pieds 6 pouces ($3^m,81$) de longueur, on a $\frac{Md}{dN} = \frac{9}{150} = \frac{1}{17}$. L'effort cherché serait donc égal à $\frac{1}{17^e}$ de la compression du segment N M.

Un tel écart ne peut pas se produire, et en fin de compte il ne paraît pas nécessaire de se préoccuper des *extra-strains* dans la pratique. Cependant l'addition des tirants de panneaux est évidemment bonne en principe, et les montants servent à supporter tout au moins (comme nous l'avons dit déjà pour la poutre Fink) le poids de la semelle et des pièces du contreventement horizontal.

Nous n'avons pas parlé, dans ce qui précède, de la semelle inférieure. Elle se

réduit à une file d'entretoises rigides destinées à maintenir la distance relative des pièces de pont. Du reste, ainsi que nous l'avons vu, elle n'est pas nécessaire quand on place le tablier au niveau de la semelle supérieure, ce qui se fait ordinairement avec la poutre Bollman.

Comme exemple de l'application du système, nous citerons la partie du pont de Quincy construite sur le petit bras du Mississipi. Il y a six travées dont l'ouverture varie de 25^{m},16 à 28^{m},97. Les panneaux sont au nombre de sept. Les cinq panneaux intermédiaires sont pourvus des tirants spéciaux dont nous avons parlé. Un tablier tournant de 57^{m},95 de longueur totale recouvre deux des travées. Dans les travées fixes la semelle supérieure des poutres est en fonte comme les montants. Dans les poutres du tablier mobile, où la semelle supérieure travaille par extension quand le pont est plus ou moins ouvert, cette semelle est formée de deux fers en ⊔ (*rolled channel beams*) placés de champ et réunis par des plates-bandes en dessus et en dessous. Pont de Quincy.

3° CONDUITES D'EAU.

On doit encore ranger dans la catégorie des poutres armées le système de chaînes articulées et de poinçons qui supportent, à Philadelphie des files rectilignes de tuyaux à brides affectés à la conduite des eaux. L'espace ainsi franchi est de 24 mètres sur le canal d'amenée de l'usine de Fairmount et de 51 mètres au-dessus de la vallée du Wissahickon. Nous entrerons dans d'autres détails sur ces ouvrages à l'occasion des distributions d'eau.

3e CLASSE. — POUTRES A DEUX SEMELLES HORIZONTALES.

1° POUTRE HOWE OU JONES.

Construite tout en métal, la poutre Howe devient ce que M. Merrill appelle la poutre Jones.

Nous ignorons s'il en a été fait beaucoup d'applications; nous n'avons eu occasion d'en rencontrer aucune. Nous nous bornerons à indiquer la marche suivie par M. Merrill dans ses calculs de résistance.

Les pièces verticales sont ici des tirants, tandis que les liens inclinés sont des entretoises rigides. Une charge isolée W, suspendue en un point *m* de la semelle inférieure, n'a d'action que sur le tirant *m*M, qui en transmet l'effort au point M. On peut le représenter en grandeur par M*d*. Comme cet effort doit être finalement neutralisé par la résistance des culées, la poutre n'étant qu'un intermédiaire, on peut imaginer que la force M*d* se décompose en deux autres M*u* et M*f*, dirigées suivant les lignes fictives M*a* et M*r*. — La force M*f*, qui agit dans l'angle *m*MQ, se décompose naturellement en deux autres M*b* et M*j*, qui agissent par compression, l'une sur le bracon M*n*, l'autre sur la portion de semelle MN. La force M*b*, transportée en *nb'* et agissant dans l'angle *ynr*, se décompose en *ny* et *nx* : *ny* remonte en N*y'*. — Jusqu'ici tout va bien. Mais comment la tension N*y'* va-t-elle se décomposer entre les quatre pièces rigides qui aboutissent au point N? M. Merrill, sans le dire explicitement, fait abstraction du contre-bracon N*m*, et raisonne comme s'il n'existait pas. Dès lors N*y'* se décompose en N*s*, que nous abandonnons provisoirement, et N*t*, qui se transporte en *ot'*. On gagne ainsi sans autre difficulté la culée *r*, et on y arrive sans être obligé de prolonger la semelle supérieure jusqu'à l'aplomb de *r*.

Sur la gauche du tirant M*m*, la force M*u* se décompose de même en deux autres M*j* et M*z*. Celle-ci va se transporter vers la culée *a*, comme la force M*b* se transporte vers la culée *r*. Il y aura, par suite, sur la semelle supérieure : 1° au point M, deux compressions M*j*, M*j'*, agissant l'une vers Q et l'autre vers B ; 2° aux points N, O, P, Q, des compressions telles que N*s*, agissant vers la gauche, et aux points L, K, I, H,... C, B, des compressions analogues agissant vers la droite : toutes ces réactions horizontales devront se neutraliser, puisque l'équilibre subsiste ; mais il faudra les additionner, abstraction faite du sens de l'effort, pour savoir à quelle compression totale chacun des segments de la semelle supérieure doit être en état de résister. Quant à la semelle inférieure, elle sera soumise, aux points *n*, *o*, *p*, *q*, à des efforts tels que *nx*, tirant la partie de gauche, et aux points *l*, *k*, *i*, *h*,... *c*, *b*, à des efforts analogues tirant la partie de droite : on obtiendra par des additions la tension totale que la charge isolée W produit dans chacun des segments de la semelle *ar*.

Si maintenant, au lieu d'une charge isolée, on en suppose quinze, pour cha-

cune desquelles on fera les calculs que nous venons d'indiquer pour une seule, si d'ailleurs, dans la fixation de ces charges, on suppose (comme nous l'avons vu pour la poutre Fink) que la tête du train vient successivement se placer en b, en c,... etc., on trouvera, pour chacune des pièces de la poutre, un effort correspondant à chacune des positions du train : le plus grand de ces efforts servira à déterminer la section horizontale de la pièce.

Chacun des efforts partiels produits par un poids W est facile à exprimer en fonction de ce poids, de la hauteur h de la poutre, de l'angle α que les bracons font avec la verticale et des distances al, $a'l$, du point m aux culées (l désignant la largeur d'un panneau).

Commençons par la compression Mj qui, avec son analogue Mj', se produit dès l'origine dans des conditions particulières au sommet M. — Mj fait partie d'un trapèze $Mjfc$, qui est semblable au trapèze $MQrm$, formé par le contour extérieur de la poutre à droite du tirant Mm. Il y a d'ailleurs un panneau de moins dans MQ que dans mr, de sorte qu'on a

$$\frac{Mj}{MQ}=\frac{Mc}{Mm}, \text{ d'où } Mj=Mc\times\frac{(a-1)\,l}{h}$$

On est ainsi conduit à calculer Mc. Cette longueur, qui est la projection verticale de la force représentée par Mf, joue un rôle essentiel dans toute la transmission : elle représente la fraction du poids W ou Md qui va se transmettre à la culée de droite. Désignons-la par z. On a

$$Mc : Mm :: cf : mr$$
$$\text{et } Mc' : Mm :: c'u : ma$$

Comme l'égalité des triangles Mfd, Mud, qui ont même base, entraîne l'égalité des hauteurs cf, $c'u$, on aura

$$Mc\times mr=Mc'\times ma$$
$$\text{ou } Mc : Mc' :: ma : mr :: a' : a$$

Par suite,

$$Mc+Mc' \text{ ou } Md \text{ ou } W : Mc :: a+a' : a'$$

Donc,

$$Mc=W\times\frac{a'}{a+a'}=z$$

On aurait de même

$$Mc' = W \times \frac{a}{a+a'} = z'$$

Nous aurons par suite

$$Mj = W \times \frac{a}{a+a'} \times (a-1)\frac{l}{h} = z(a-1)\frac{l}{h}$$

et symétriquement

$$Mj' = z'(a'-1)\frac{l}{h}$$

Cela posé, si l'on suit la transmission de gauche à droite, on a évidemment :

$$\begin{aligned}
\text{Tension } Mb &= \frac{Mc}{\cos\alpha} = z \times \text{séc}\,\alpha \\
nx &= nb' \times \sin\alpha = z \times \text{tang}\,\alpha \\
ny &= nb' \times \cos\alpha = z \\
Ns &= Ny' \times \text{tang}\,\alpha = z \times \text{tang}\,\alpha \\
Nt &= \frac{Ny'}{\cos\alpha} \ldots\ldots = z \times \text{séc}\,\alpha
\end{aligned}$$

Ainsi le poids z, qui est une fraction du poids W marquée par le rapport de la distance *ma* à la distance totale *ar*, se transporte à la culée de droite en produisant, savoir :

1° Dans chacun des tirants N*n*, O*o*, P*p*, Q*q*, une tension précisément égale à z;

2° Dans chacun des bracons M*n*, N*o*.... Q*r*, une compression égale à $z \times \text{séc}\,\alpha$;

3° Au sommet et à la base de tous les tirants N*n*, O*o*,... Q*q*, un effort horizontal égal à $z \times \text{tang}\,\alpha$, ledit effort dirigé de gauche à droite dans la semelle inférieure, et de droite à gauche dans la semelle supérieure. Ces efforts, auxquels les deux semelles sont soumises, croissent à mesure que l'on va de chaque culée vers la charge isolée que l'on considère : ils augmentent à chaque panneau de la quantité $z \times \text{tang}\,\alpha$, jusqu'à ce qu'on arrive à l'aplomb de cette charge; puis ils décroissent à chaque panneau de la quantité $z \times \text{tang}\,\alpha$.

On pourrait ainsi tracer aisément, à l'aide d'expressions algébriques, le cadre de tous les calculs à opérer. Mais M. Merrill n'a pas recours à ce procédé.

Cet ingénieur pose en principe, au début de son ouvrage, que, sous l'action

d'une charge placée au milieu de la poutre ou de charges symétriquement placées, aucun des *contre-liens* ne travaille. Les liens suffisent, en effet, pour transmettre intégralement chacun des poids vers la culée la plus voisine. Nous concevons d'autre part que les contre-liens demeurent inertes sous le seul effet de charges symétriques, si l'on prend la précaution de ne les tendre à l'aide de vis, ou de ne les serrer à l'aide de coins, qu'après la pose du tablier et d'une surcharge d'épreuve symétriquement répartie. On procède ainsi dans le système Post, dont il sera question ci-après. Mais c'est là, croyons-nous, une exception; et, même alors, peut-on admettre que, sous l'action d'une charge isolée, les contre-liens placés entre cette charge et le milieu de la poutre fonctionneront comme des liens, comme les liens de l'autre moitié de la poutre, tandis que les contre-liens placés de l'autre côté de la charge n'entreront pas en action? Il subsiste pour nous, relativement à ce rôle attribué par M. Merrill aux contre-liens, une obscurité que le défaut de renseignements sur le réglage ne nous permet pas d'approfondir.

2° POUTRE MURPHY-WHIPPLE.

Le type auquel M. Merrill donne le nom de Murphy-Whipple est l'inverse du type Jones, en ce sens que, conservant le même dessin, on y remplace les tirants verticaux par des montants rigides, et les entretoises obliques par des liens inclinés. Cette substitution se maintient d'ailleurs dans les types Post et Linville, dont nous nous occuperons ci-après.

On construit dans ce système chez M. Boomer (à Chicago) des ponts pour routes ordinaires, avec travées de 150 pieds (45^{m},75). La semelle supérieure et les montants, c'est-à-dire les pièces qui travaillent par compression, sont en bois et non en métal. Cette combinaison doit être fort économique.

On fait des applications très-variées de la poutre Murphy-Whipple aux travées d'ouverture restreinte. Elle s'applique également bien aux ponts à tablier supérieur ou inférieur. — Voir les types n°s 4, 5, 7 et 8 dans l'atlas joint au présent rapport.

3° POUTRE LINVILLE.

La poutre Linville diffère de la poutre Murphy-Whipple en ce que les tirants inclinés s'étendent sur deux panneaux au lieu d'un seul. Cette disposition rapproche de 45° l'angle d'inclinaison de ces tirants dans les grandes poutres dont la hauteur excède de plus de moitié la largeur des panneaux; les tirants se prêtent mieux dès lors à une transmission économique des forces.

On pourrait dédoubler les montants et les tirants, car on peut les considérer comme deux systèmes superposés et agissant indépendamment l'un de l'autre. On ajoute les deux tirants ordinaires A*b* et R*q*.

La partie du pont de Quincy qui traverse le grand bras du fleuve, les ponts de Steubenville, de Bellaire et de Parkersburg, sont des exemples du système Linville.

On le retrouve dans le pont de Coatesville (Pennsylvania Railroad), qui a six travées de 55 mètres environ d'ouverture. Le pont est à deux voies et compte trois poutres.

Sur la rivière de Chicago est un pont-tournant pour chemin de fer de 60 mètres environ de longueur totale. Cette longueur est divisée en vingt-deux panneaux, dont deux correspondent à la pile centrale. Les deux poutres ont 6 à 7 mètres de hauteur. La semelle supérieure est formée de quatre fers à double té juxtaposés. Les montants sont des colonnes creuses en fer, de la Compagnie dite du *Phœnix*. Les tirants sont des fers ronds dont le diamètre décroît à mesure qu'on approche du centre de la poutre.

4° POUTRE POST.

Par ses montants rigides et ses tirants inclinés, la poutre Post se rattache (comme la poutre Linville) au système Murphy-Whipple. Mais elle en diffère : 1° en ce que ses montants, au lieu d'être verticaux, descendent d'une demi-longueur de panneau vers la culée voisine; 2° en ce que le tirant et le contre-tirant qui partent du sommet de chaque poteau ont une portée d'un panneau et demi

au lieu d'un panneau. Les panneaux que le dessin figure réellement sont non plus des rectangles, mais des parallélogrammes penchés vers le milieu de la poutre, où la semelle supérieure a un joint, tandis que la semelle inférieure n'en a pas.

Dans les ponts de M. Post, qui diffèrent en cela des autres, les montants se terminent, aussi bien que les tirants, par des œils à leurs deux extrémités et présentent ainsi un double assemblage à charnière.

Comme application du système Post, nous nous bornerons à citer le pont d'Omaha.

Le dessin adopté pour ce pont n'est pas exactement conforme au type originel : la projection horizontale des tirants et contre-tirants est de $2\frac{1}{2}$ panneaux au lieu de $1\frac{1}{2}$, de sorte que chaque tirant croise deux montants intermédiaires au lieu d'un, et chaque contre-tirant croise un montant tandis qu'il n'était que la diagonale du parallélogramme d'un panneau.

Nous avons indiqué ci-dessus, en parlant du système Howe, quels avaient été les prix demandés au mois de décembre 1866 pour la construction d'un pont de ce système à Omaha. Voici quels furent les prix demandés en même temps pour la construction d'un pont métallique du système Post :

1° Pour un pont de fer, avec des pièces de pont en fer, tout monté et prêt à recevoir les rails :

LARGEUR DES TRAVÉES, MESURÉE D'AXE EN AXE DES PILES.		PRIX.	
EN PIEDS.	EN MÈTRES.	EN DOLLARS, PAR PIED COURANT.	EN FRANCS, PAR MÈTRE COURANT.
400	122	365	6.083
$333\frac{1}{3}$	102	265	4.417
250	76,25	185	3.083
200	61	145	2.413
150	45,75	100	1.667
100	30,50	80	1.333

2° Pour un pont-tournant recouvrant deux travées de 160 pieds d'ouverture

chacune, le pont ayant 365 pieds (111^{m},32) de longueur totale et étant tout en fer forgé :

235 dollars par pied courant (3.917 francs par mètre courant), y compris l'appareil de rotation complet.

M. Dodge, ingénieur en chef de la Compagnie du chemin de fer, estimait alors qu'un haut pont en charpente (dans lequel il n'était plus nécessaire d'avoir des travées mobiles) coûterait 65 dollars par pied courant (1.083 francs par mètre courant) et que le même pont en poutres de fer coûterait 85 dollars (425 francs) de plus.

On construit à Chicago, dans le système Post, et pour des travées de 61 mètres, des poutres dont les pièces comprimées sont en bois.

5° POUTRE A TRIANGLES.

La poutre dite *triangulaire* ou *à triangles* est, dit M. Merrill, une modification de celle qui est connue et très-employée en Angleterre et aux Indes sous le nom de poutre Warren. La vraie poutre Warren consiste en une série de triangles équilatéraux en fer forgé dont les sommets sont alternativement en haut et en bas. Quand on applique ce type à de grandes ouvertures, les côtés des triangles deviennent si longs, qu'il est nécessaire d'introduire des tirants verticaux pour soutenir les points milieux des segments de la semelle inférieure. Quelquefois on ajoute aussi des montants rigides pour supporter les points milieux des segments de la semelle supérieure; ces montants ont d'ailleurs l'avantage de diviser en deux la longueur des segments de la semelle supérieure, ce qui, à raison de leur résistance plus grande à la compression, permet d'en diminuer la section de 87 pour 100 (d'après les expériences de Hodgkinson); ils sont soumis à des efforts de compression quand ils empêchent les joints de s'affaisser et à des efforts de tension quand ils résistent au surélèvement de ces joints. — Dans la poutre Warren, les poutres sont faites de fer forgé parce que, d'après leur agencement même, la plupart d'entre elles travaillent alternativement à la tension et à la compression lorsqu'un train franchit le pont. Ce renversement brusque des efforts ne peut être que très-dommageable à toute espèce de ma-

tière. Pour remédier à cet inconvénient dans les grandes poutres, les ingénieurs américains composent les liens inclinés de pièces creuses à chacune desquelles on annexe un ou deux tirants en fer.

Comme exemple du système, nous citerons un pont pour route ordinaire qui franchit, dans l'intérieur de la ville de Petersburg (Virginie), une rivière de 40 mètres environ de largeur (6 triangles de 6 à 7 mètres de base s'appuient sur la semelle inférieure). Ce pont, que nous avons simplement aperçu en traversant lentement la ville en chemin de fer, est d'une légèreté remarquable ; le contreventement horizontal supérieur se termine par des arcs métalliques aux deux extrémités du pont et, malgré la grande hauteur des poutres, l'effet architectural est satisfaisant.

Nous citerons encore les deux grandes travées marinières du pont de Louisville. Leur dessin, plus compliqué que celui de la poutre primitive, montre quelle extension le système est susceptible de recevoir. On remarque d'abord, avec les triangles constitutifs, les tirants verticaux de fondation Cc, Gg, Ll,... puis les montants additionnels eE, iI... On a de plus ajouté, dans chacun des triangles ouverts par le haut, des demi-montants H ϵ et K γ, supportant les points milieux H et K ; on soutient le pied de ces montants en ajoutant le tirant ϵI et renforçant de ϵ en G le tirant iG. Enfin, ayant créé en ϵ et γ des points que l'on peut considérer comme fixes, on y suspend les demi-tirants ϵh et γK, qui soutiennent en leurs points milieux les vides de la base des triangles ouverts par le bas. On subdivise finalement en quatre segments la base de tous les triangles.

DU MÉRITE COMPARATIF DES POUTRES OU FERMES MÉTALLIQUES.

M. Merrill a comparé les sept poutres Fink, Bollman, Jones, Murphy-Whipple, Linville, Post et Triangulaire, au point de vue du poids de métal qu'elles emploient à résistance égale. Il a raisonné sur les bases suivantes :

Ouverture commune de 200 pieds (61 mètres).
Pont de chemin de fer à une seule voie.
Largeur des panneaux : $l = 12'6''$ ($5^m,81$).
Hauteur de la poutre : { Pour la poutre Linville, $2\,l = 25'$ ($7^m,72$).
Pour les six autres poutres, $1\frac{1}{2}\,l = 18'\,9''$ ($5^m,72$).

Poids de la machine par panneau.	$w'+e=17.600$ livres.
— du tender.	$w'+t=16.160$
— des wagons.	$w'=13.152$
— du pont lui-même.	$w''=\ 9.375$
	$e=\ 4.448$
	$t=\ 3.008$

Compression maximum : $\frac{1}{3}$ de l'effort de rupture, d'après les formules de Hodgkinson.

Tension maximum : $8^{kil},4$ par millimètre carré.

Poids des assemblages d'une poutre : 15 pour 100 en sus du poids calculé des pièces principales de cette poutre.

Poids des pièces de pont par panneau du pont entier.	1.260 livres.
Entretoises du contreventement supérieur.	270
Tirants. . . . . ld..	300
Voie proprement dite (rails, etc.).	3.070
TOTAL.	4.900 livres.

soit 2.450 livres par panneau et par poutre, ou, pour les 16 panneaux, 78.400 livres (35.515 kil.).

On suppose d'ailleurs *a priori*, dans les calculs de résistance, que le poids total du pont est partout de 300.000 livres. Or voici à quels poids arrive M. Merrill pour les différents systèmes :

	lbs
1. Post.	225.527,86
2. Triangulaire (avec des montants intermédiaires).	232.355,28
3. Linville..	234.021,86
4. Murphy-Whipple.	236.292,44
5. Triangulaire (sans montants intermédiaires).	253.587,78
6. Jones..	271.845,88
7. Fink.	273.086,54
8. Bollman.	367.863,76

Si l'on voulait arriver à des poids exactement comparables, il faudrait recommencer tous les calculs en prenant pour w'' non plus 9.375 livres uniformément, mais dans chaque système le $\frac{1}{32}$ du poids qui s'y rapporte dans le tableau précédent. On arriverait évidemment ainsi à des différences plus grandes.

M. Merrill, cherchant à expliquer ces différences *a priori*, établit théoriquement que l'angle α des liens inclinés avec la verticale est le plus avantageux, savoir :

1° M*n* étant un tirant, quand l'angle est de 45°, c'est-à-dire que la hauteur de la poutre est égale à la projection horizontale du tirant;

2° M*n* étant un bracon, quand l'angle est de 39° seulement, c'est-à-dire que la hauteur *b* est égale à 1^{m},20 de la projection horizontale du bracon.

Dans la poutre Post, les tirants sont inclinés à 45° et les montants rigides sont inclinés eux-mêmes, sans pourtant que leur inclinaison atteigne 39°. Dans la poutre à triangles, l'inclinaison est meilleure pour les bracons ; mais, dans l'opinion de M. Merrill, le système des contre-liens serait incomplet, il n'assurerait pas au premier panneau la rigidité suffisante pour résister à la secousse que la locomotive lui imprime au moment où un train s'engage sur le pont; des additions analogues à celles que nous avons mentionnées pour le pont de Louisville répondraient probablement à l'objection de M. Merrill, mais en augmentant la dépense. La poutre Linville est excellente. L'avantage de la poutre Post doit tenir, d'après M. Merrill, à ce que les poids demandent à être transférés le plus rapidement possible aux culées, et les poteaux inclinés du système Post « leur font gagner une demi-longueur de panneau pendant qu'ils descendent vers la culée ». L'inclinaison plus ou moins défectueuse des tirants et les contre-marches qui se produisent dans la translation des poids pourraient expliquer l'infériorité du système Fink et surtout du système Bollman dans le cas choisi pour la comparaison. Ces deux systèmes ne paraissent d'ailleurs être appliqués qu'aux *deck-bridges* ou ponts à tablier supérieur.

M. l'ingénieur en chef Clarke, dans son rapport sur les travaux du pont de Quincy, fait connaître les poids calculés des quatre ponts dont il avait dressé les projets : l'un est en treillis rivés, les autres sont projetés suivant les systèmes Post, Triangulaire et Linville, pour des ouvertures de 157′ (47^{m},88), 200′ (61 mètres) et 250′ (76^{m},25). La surcharge due au passage d'un train est évaluée à 2.500 livres par pied courant d'un tablier qui a 14′ (4^{m},27) de largeur dans œuvre, au lieu de 2.104 livres (poids pris par M. Merrill). M. Clarke, par une simplification très-admissible, ne fait aucune distinction entre la locomotive, le tender et les wagons. La tension maximum est limitée à 10.000 livres par pouce carré (7 kil.,03 par millimètre carré). Le tableau suivant donne les résultats comparés de cette étude préliminaire :

POIDS PAR MÈTRE COURANT.

DÉSIGNATION DU TYPE DES POUTRES.	SEMELLES.			AME.				CONTREVENTEMENT			POIDS DU MÉTAL.	POIDS DE LA VOIE.	TOTAL.
	SUPÉRIEURES.	INFÉRIEURES.	TOTAL.	MONTANTS EXTRÊMES.	MONTANTS INTERMÉDIAIRES.	TIRANTS ET CONTRE-TIRANTS.	TOTAL.	LIENS SPÉCIAUX (HAUT ET BAS).	PIÈCES DE PONT.	TOTAL.			
1° 76m,25 d'axe en axe des piles = 74m,42 d'ouverture franche.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
Treillis rivé..	891	790	1.681	203	273	493	969	190	327	517	3.167	260	3.427
Post.	594	450	1.044	118	427	422	967	135	128	263	2.274	408	2.682
Triangulaire..	475	424	899	184	415	160	759	119	253	372	2.030	408	2.438
Linville..	468	444	912	128	367	282	777	92	253	345	2.034	408	2.442
2° 61m,00 d'axe en axe des piles = 59m,17 d'ouverture franche.													
Treillis rivé.	490	445	935	155	237	326	720	156	319	475	2.130	260	2.390
Post.	794	410	1.204	86	283	245	615	74	126	200	2.019	408	2.427
Triangulaire..	371	289	660	111	297	155	564	112	238	349	1.573	408	1.981
Linville..	362	282	644	90	291	209	591	97	252	349	1.584	408	1.992
3° 49m,88 d'axe en axe des piles = 46m,97 d'ouverture franche.													
Treillis rivé.	359	322	681	172	208	224	604	152	312	464	1.749	260	2.009
Post.	423	199	622	101	229	171	501	71	116	187	1.310	408	1.718
Triangulaire..	267	172	439	965	208	79	383	104	261	365	1.187	408	1.595
Linville..	303	185	488	1.098	272	153	554	97	242	339	1.361	408	1.769

On voit par ce tableau que le poids du pont par mètre courant dans la travée de 61 mètres et pour le système Linville était estimé par M. Clarke 1.992 kilogrammes, tandis que M. Merrill ne l'estime que 234.021 livres en tout ou 1.738 kilogrammes par mètre courant. La différence de 254 kilogrammes peut s'expliquer en partie par cette hypothèse de M. Merrill que tous ses fers travailleront à 8k,4 par millimètre carré, tandis que M. Clarke limite l'effort à 7 kilogrammes. Les deux estimations reviennent donc à peu près à 2.000 kilogrammes par mètre courant de pont. (Pour une comparaison exacte, il faudrait remarquer encore que les formules appliquées par les deux ingénieurs au calcul des pièces comprimées ne sont pas les mêmes.)

Le pont projeté à Quincy a été exécuté. Il présente vingt-quatre travées, savoir :

	NOMBRE DE TRAVÉES.	OUVERTURE MOYENNE.	LONGUEUR TOTALE.
Dans le système Linville.	18	54m,03	972m,65
Dans le système Bollmann. . . .	6	26 ,68	160 ,12
ENSEMBLE.	24	»	1.132m,77

Le poids moyen par mètre courant du métal employé a été $\frac{2.200.000^k}{1.132,77} = 1,942$ kilogrammes.

Une autre observation, importante à notre point de vue spécial, se déduit du tableau précédent : c'est que la poutre en treillis rivés pèserait sensiblement plus que les autres, surtout à mesure que l'ouverture augmente. Prenant pour terme de comparaison le poids correspondant au système Linville, les autres sont exprimés par les nombres suivants :

	49m,88	61m,00	76m,25
Treillis rivé.	1,13	1,20	1,40
Post.	0,97	»	1,10
Triangulaire.	0,90	0,99	1,00
Linville.	1,00	1,00	1,00

Le mérite relatif des différents types de ponts en fermes métalliques à grandes mailles n'a pour nous finalement qu'un intérêt secondaire. Ce qui nous importe avant tout, c'est l'économie qu'ils peuvent présenter par rapport aux ponts à treillis rivés ou autres systèmes d'un usage habituel en Europe. Or nous venons de voir que, d'après les nombres donnés tant par M. Merrill que par M. Clarke, un tablier métallique à simple voie, de 60 mètres de portée, se construit avec deux tonnes environ de métal par mètre courant. Il paraît d'ailleurs admis aux États-Unis qu'un pont de 500 pieds (150 mètres) *à double voie* exigerait moins de 700 tonnes de fer. S'il est vrai que le pont tubulaire du détroit de Menai (le Britannia-Bridge), qui a une ouverture de 140 mètres, ait employé 3.000 tonnes de métal, et que le pont de 150 mètres construit sur la Lek à Kuilenberg (Hollande) en ait employé 2.123, le rapprochement de ces nombres indiquerait que les grands ponts qui se construisent depuis quelques années en Amérique réalisent une économie considérable.

HAUTEUR DES POUTRES ET LARGEUR DES PANNEAUX.

Avant de quitter ce sujet, nous rassemblons dans un tableau quelques chiffres qui peuvent être utiles à consulter au point de vue pratique.

Dans les exemples qui suivent, la hauteur des poutres varie de $2^m,74$ à $14^m,80$; elle est comprise entre $\frac{1}{5,4}$ et $\frac{1}{10,6}$ de l'ouverture des travées, c'est-à-dire notablement supérieure à la hauteur généralement adoptée en France. La largeur des panneaux varie de $3^m,35$ à $3^m,96$, c'est-à-dire entre des limites assez rapprochées; la hauteur des poutres est comprise entre les trois quarts et le double de la largeur des panneaux.

DÉSIGNATION DES PONTS.	SYSTÈME DE CONSTRUCTION.	OUVERTURE DE LA TRAVÉE CONSIDÉRÉE.	HAUTEUR DE LA POUTRE.	LARGEUR DES PANNEAUX.	RAPPORT DE LA HAUTEUR DE LA POUTRE A LA LARGEUR DES PANNEAUX.	RAPPORT DE LA HAUTEUR DE LA POUTRE A L'OUVERTURE DE LA TRAVÉE.
		mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	
Étude comparative du colonel Merrill..	Linville.	61,00	7,62	3,81	2,00	$\frac{1}{8}$
	Fink, Bollman, Jones, Murphy-Whipple, Post.	61,00	5,72	3,81	1,50	$\frac{1}{10,6}$
Pont de Louisville. . . 23 travées. .	Fink.	69,23	»	»	»	»
Pont de Louisville. . . 4 travées.. .	Triangulaire.	122,00	14,80	»	»	$\frac{1}{8,2}$
Pont de Quincy. . . . 6 travées.. .	Bollman.	25,31	2,74	3,50	0,78	$\frac{1}{9,6}$
Pont de Quincy. . . . 18 travées. .	Linville.	75,33	7,93	3,96	2,00	$\frac{1}{9,5}$
		60,39	6,71	3,35	2,00	$\frac{1}{9}$
		60,19	7,32	3,76	1,94	$\frac{1}{8,2}$
		46,97	6,71	3,35	2,00	$\frac{1}{7}$
Pont de Weldon (11 travées).	Howe.	49,00	5,50	»	»	$\frac{1}{8,9}$
Pont de Colombus (Union Pac. R. R.)..	Howe.	45,75	6,71	3,81	1,70	$\frac{1}{6,8}$
Pont de Keokuk..	Linville.	77,31	8,24	»	»	$\frac{1}{9}$
Pont d'Omaha..	Post.	76,25	8,57	»	»	$\frac{1}{8,8}$
Indication d'un dessin lithographié.. .	Post.	30,50	5,70	»	»	$\frac{1}{5,4}$
Pont de Petersburg. . . . . (6 triangles de $6^m,50$ environ.)	Triangulaire.	40,00	5,52	»	»	$\frac{1}{7,2}$

FERMES MÉTALLIQUES POUR TRAVÉES RESTREINTES ET POUR PONTS-TOURNANTS.

Les ponts métalliques ont pour les grandes ouvertures un intérêt spécial et de tous les pays : ce sont celles-là surtout que nous avons eues en vue. Pour de petites ouvertures, les ponts en maçonnerie sont évidemment préférables dans la plupart des cas, en France surtout, où l'on a de bons matériaux et de bons ouvriers. Cependant il peut être utile de connaître aussi comment les Américains appliquent le métal à des ouvertures restreintes. On trouvera dans l'atlas joint au présent rapport les types qui se rencontrent le plus ordinairement; ils se fabriquent notamment à l'usine de Phœnixville, sur la rive droite du Schuylkill, à 43 kilomètres en amont de Philadelphie.

Le type n° 1, applicable à des ouvertures de moins de 9 mètres quand on manque de hauteur sous les rails, n'a rien de nouveau pour nous.

Les types n°s 2, 3, 4, 5 et 6 s'appliquent à des travées de 9 à 60 mètres quand on dispose d'une hauteur suffisante en dessous : ce sont des ponts à tablier supérieur (*Deck Bridges*).

Les types n°s 7, 8 et 9 s'appliquent aux mêmes ouvertures quand on ne dispose que d'une hauteur limitée : ce sont des ponts à tablier inférieur (*Through Bridges*).

Les types n°s 10 et 11 représentent des ponts-tournants : l'un à tablier supérieur et de 38^{m},73 de longueur totale ; l'autre à tablier inférieur et de 83^{m},57 de longueur. — Les ponts-tournants formés d'une volée et d'une culasse, tels qu'on les construit en France, sont presque entièrement inusités en Amérique : on n'y emploie guère que des tabliers à deux volées égales, qui couvrent deux travées à la fois et tournent sur la pile intermédiaire. A Brest, une ouverture libre de 106 mètres entre les culées est franchie par la réunion de deux volées de ponts; c'est un ouvrage construit pour des circonstances locales exceptionnelles. A Albany (sur l'Hudson), un tablier unique recouvre deux travées qui ont chacune 41 mètres environ d'ouverture; à Keokuk (sur le Mississipi), l'ouverture de chaque travée est de 50 mètres; elle est presque aussi grande à Burlington et à Quincy, où le tablier a 109^{m},81 de longueur totale. A Chicago, plusieurs ponts

tournants établis en prolongement des rues recouvrent deux passages qui ont 20 mètres chacun : ils se manœuvrent à chaque instant avec une extrême rapidité. On voit par ces exemples quel parti on peut tirer de ces ponts à volées égales, plus rationnels en principe et plus économiques que les nôtres quand il s'agit de ponts isolés et surtout si la navigation trouve avantage à avoir deux passages distincts. — Ajoutons que l'expérience a considérablement amoindri en Amérique les appréhensions qui ont généralement cours en France contre l'introduction des ponts-tournants dans les chemins de fer. En raison des grands avantages qu'ils offrent dans certains cas, les Américains acceptent résolûment l'inconvénient du ralentissement réglementaire des trains. Ils prennent d'ailleurs, dans le calage des extrémités du pont mobile, les précautions nécessaires pour assurer aux rails une continuité parfaite, tant en plan qu'en élévation.

Les types n°s 12 et 13 s'appliquent à de simples ponts sur rails pour routes ordinaires. Ils conviennent spécialement dans les courbes et sur les points où il est désirable que la vue ne soit pas masquée au mécanicien. La ferme se réduit presque ici à un garde-corps reposant sur des colonnes du Phœnix. Ces ponts ne coûtent que 330 francs par mètre courant, y compris les colonnes.

Enfin le n° 14 est un type de viaduc fondé sur des pieux à vis en fonte, à défaut de maçonnerie, ou dans de mauvais terrains. (Les pieux à vis sont employés depuis plus de trente ans en Amérique.)

L'usine de Phœnixville est, dit-on, en mesure de fabriquer et livrer 30 mètres courants de ces divers types par jour. Depuis la fusion du minerai jusqu'à l'ajustage des pièces, tout se fait sur les lieux. — Les ponts sont calculés pour résister au passage de deux locomotives remorquant un train formé des plus lourds wagons en usage, c'est-à-dire de wagons de charbon qui pèsent vingt tonnes chacun et dont les roues extrêmes sont espacées de $6^{m},71$. On compte trente tonnes pour le poids qui pèse sur deux essieux moteurs espacés de $3^{m},66$. La limite adoptée pour le travail du fer à la tension est de 10.000 livres par pouce carré ou $7^{k},03$ par millimètre carré. Les devis exigent que, sous le passage d'un train exclusivement composé de locomotives et marchant

à une vitesse de 30 milles (48 kilom.) à l'heure, les poutres ne fléchissent pas de plus de $\frac{1}{1.200}$ de leur longueur et qu'elles reprennent ensuite leur niveau primitif.

---

§ 5. — DES PONTS SUSPENDUS.

Conditions d'établissement des grands ponts modernes

On a construit depuis moins de vingt ans aux États-Unis cinq grands ponts suspendus, savoir : deux sur le Niagara, un sur l'Alleghany et deux sur l'Ohio. On est en train d'en construire un autre sur le bras de mer qui sépare les villes de New-York et de Brooklyn, et un ouvrage analogue paraît être à la veille de s'exécuter sur l'Hudson.

Ces ponts modernes diffèrent des nôtres, — on le reconnaît à première vue, — par l'addition de nouveaux organes qui sont : 1° des poutres longitudinales placées non-seulement sur les rives, où elles font l'office de garde-corps, mais dans l'intervalle qui les sépare ; 2° des tirants inclinés ou haubans, partant des tours qui supportent les câbles de suspension et venant s'attacher au tablier jusqu'à une certaine distance des tours ; 3° des amarres extérieures et diversement inclinées qui relient les rives du tablier avec les berges d'amont et d'aval.

Le tableau de la page suivante résume les renseignements que nous avons recueillis sur les principales conditions d'établissement.

Nous allons passer en revue ces différents ponts en nous arrêtant spécialement sur celui de Niagara-Falls, qui est le dernier construit. Mais d'abord nous mentionnerons divers autres ouvrages établis par feu M. John A. Roebling sur le principe de la suspension antérieurement au pont d'aval du Niagara.

Ponts suspendus établis par M. John A. Roebling antérieurement au pont d'aval du Niagara.

C'est à cet ingénieur, mort en 1869, que l'on doit surtout la reprise et le perfectionnement du système des ponts suspendus. C'est lui qui a construit ou projeté tous ceux dont nous allons nous occuper, moins celui de Niagara-Falls, établi sur les mêmes bases par un ingénieur canadien, et celui de l'Hudson.

Il débuta dans cette voie en 1845 par la construction d'un pont-canal sur l'Alleghany, non loin de Pittsburg. Cet ouvrage consistait en une bâche en bois

	PONT D'AVAL DU NIAGARA à double étage.	PONT DE PITTSBURG sur l'Alleghany.	PONT DE WHEELING sur l'Ohio.	PONT DE CINCINNATI sur l'Ohio.	PONT DE NIAGARA-FALLS à 500m des chutes.	PONT DE LA RIVIÈRE DE L'EST.	PONT PROJETÉ PRÈS DE PEEKSKILL sur l'Hudson.
Date d'achèvement.	1855	1860	1849-1860	1867	1869	»	»
Ouverture maximum des travées (mesurée entre les points de suspension).	250m,20 (821' 4")	105m (344'6")	308m,05	322m	386m,84 (1.268' 4")	492m,88 (1.616')	488m (1.600')
Tablier. Hauteur libre au-dessus des basses eaux.	67m	12m,50	»	30m,50	58m,40	43m,20	»
Tablier. Largeur totale.	7m,30	12m,20	8m,54	10m,98	3m,05	25m,92	»
Circulation desservie. NOMBRE DE VOIES :							
Circulation desservie. Pour omnibus sur rails et voitures ordinaires. . . .	2	2	»	2	1	4	»
Circulation desservie. Pour wagons remorqués par des machines fixes. . . .	»	»	»	»	»	2	»
Circulation desservie. Pour wagons remorqués par des locomotives.	1	»	»	»	»	»	1 ou 2
Circulation desservie. Passages pour piétons.. . .	»	2	»	2	»	1	»
Poutres longitudinales..	2 de 7m (Dérivé du syst. Pratt) et 2 de 0m,45 (poutres pleines).	2 de 1m,20 (en treillis) et 2 de 0m,45 (poutres pleines).	»	2 de 3m,10 (système Linville.) et 2 de 0m,91 (en treillis).	2 de 2m (Howe).	4 de 3m,80 et 2 de 2m,70 (Murphy-Whipple).	»
Câbles de suspension. Nombre..	4	4	»	2	2	4	»
Câbles de suspension. Inclinaison de leur plan sur la verticale.	De $\frac{1}{6}$ à $\frac{1}{8}$	$\frac{1}{12}$	»	$\frac{1}{10}$ environ	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{14}$	»
Câbles de suspension. Flèche verticale.	20m et 16m env.	9m,50	»	38 à 40m	26m,75	40m	»
Câbles de suspension. Rapport de la flèche à l'ouverture..	$\frac{1}{12}$, $\frac{1}{15}$	$\frac{1}{11}$	»	$\frac{1}{8,5}$ env.	$\frac{1}{13,8}$	$\frac{1}{12,5}$	»
Câbles de suspension. Diamètre.	0m,254	0m,112 0m,182	»	0m,31	0m,18	0m,37	»
Haubans ou câbles inclinés. Hauteur des tours au-dessus du tablier..	24m,40	»	»	39m,65	31m,25	42m	»
Haubans ou câbles inclinés. Nombre des haubans correspondant à chaque demi-câble..	8	10	»	20	12	35	»
Haubans ou câbles inclinés. Distance de la pile au point d'attache du dernier hauban.	75m env.	35m env.	»	90m env.	97m	160m	»
Haubans ou câbles inclinés. Longueur moyenne des haubans.	52m env.	22m env.	»	64m env.	52m	94m	»
Haubans ou câbles inclinés. Rapport de cette longueur moyenne à la hauteur des tours..	2,12	2,2	»	1,6	1,6	1,87	»
Haubans ou câbles inclinés. Fraction du tablier non atteinte par les haubans. .	0,40	0,33	»	0,45	0,50	0,34	»
Câbles d'amarre extérieurs et inférieurs au pont (nombre). . .	56	»	»	»	54	»	»

supportée par deux câbles en fils de fer de $0^m,18$ de diamètre. Il avait sept travées de $49^m,41$ d'ouverture. Il fut supprimé en 1851, lorsqu'on abandonna le canal de Pennsylvanie.

M. Roebling établit ensuite un pont sur la Monongahéla à Pittsburg. Cet ouvrage, qui repose sur les piles d'un pont de bois détruit par un incendie en 1844, présente huit travées de $57^m,34$ et deux câbles de $0^m,114$.

Puis vinrent quatre ponts-canaux construits de 1848 à 1850 pour le canal de la Delaware à l'Hudson, qui relie à New-York les régions anthracifères de la Pennsylvanie. Voici les dimensions principales de ces ouvrages, dont la cuvette est supportée par deux câbles.

NOM DU PONT-CANAL.	TRAVÉES.		DIAMÈTRE DES CABLES.
	NOMBRE.	OUVERTURE.	
Lackawaxen.	2	$35^m,02$	$0^m,18$
Delaware..	4	$40^m,87$	$0^m,20$
High-Falls.	1	$44^m,22$	$0^m,216$
Newersink.	1	$51^m,85$	$0^m,241$

Le pont d'aval du Niagara, construit de 1851 à 1855 à 3 kilomètres au-dessous de la célèbre chute du fleuve, présente deux tabliers superposés à 7 mètres environ de distance verticale. Le tablier inférieur sert pour les voitures ordinaires et les piétons. Le tablier supérieur porte une voie de fer, une voie double formée de trois rails qui offrent au matériel roulant des chemins de fer la double largeur de 5 pieds 6 pouces et de 4 pieds 8 pouces $\frac{1}{2}$ ($1^m,68$ et $1^m,44$). Ces rails reposent sur deux longrines consistant chacune en quatre poutres pleines superposées. Les deux tabliers sont reliés sur les rives par deux grandes fermes composées de semelles et montants en bois avec tirants inclinés en fer : les montants sont formés de moises qui embrassent non-seulement les croisillons en fer, mais aussi une semelle intermédiaire en bois; le mode de liaisonnage peut être considéré comme dérivé du système Pratt. Pont d'aval du Niagara.

Il y a quatre câbles de suspension, dont deux sont reliés par les tiges au plancher supérieur et deux autres au plancher inférieur.

Voici quelques autres chiffres que nous avons lieu de croire exacts :

Poids permanent supporté par les câbles de suspension (600 tonnes de bois et 400 tonnes de fer, y compris le poids des câbles) . . . . . 1.000 tonnes.
Force totale de ces câbles . . . . . 12.000 —
Force totale des 624 tiges de suspension. . . . . 18.720 —
Force totale des 64 haubans . . . . . 1.680 —
Rapport de l'effort maximum à la charge de rupture : $\frac{1}{6,5}$.
Dépense de construction du pont : 400.000 dollars, environ 2 millions de francs.

Sans l'insuffisance des fonds disponibles, on eût immédiatement adopté des poutres en métal qui eussent, à ce que nous avons entendu dire, diminué de 200 tonnes le poids du pont.

Le fléchissement du tablier, quand il est couvert d'un bout à l'autre par des wagons de marchandises à charge pleine, n'excède pas $0^m,25$. Si d'ailleurs, à l'aide d'un niveau placé sur l'une des deux culées, on observe le passage d'une lourde locomotive et de son tender, on découvre à peine une flexion quelconque tant que la machine n'a pas dépassé la portée des haubans ; au delà l'affaissement augmente rapidement.

On dit encore que le rapport de l'abaissement à l'ouverture, sous une charge de 300 tonnes, est à peu près le même dans ce pont que dans le Britannia Bridge.

Le pont d'aval du Niagara est encore le seul pont suspendu sur lequel passent les locomotives. La traversée s'opère d'ailleurs lentement ; on limite la vitesse à 8 kilomètres à l'heure, sujétion peu onéreuse, attendu qu'il y a un temps d'arrêt forcé pour la douane aux deux extrémités. Ce pont met en communication le New-York Central Railroad avec le Great-Western du Canada ; il fait partie de la route la plus directe et la meilleure de New-York à Chicago et à San Francisco.

Pont de Pittsburg.

Le pont de Pittsburg, construit de 1858 à 1860, présente deux travées centrales de $104^m,92$ d'ouverture et deux travées de rive de 35 et 52 mètres. Il comprend une double voie charretière et deux passages latéraux pour les piétons, chacun

de ces passages étant compris entre deux des quatre câbles qui supportent le tablier. Le garde-corps est une petite poutre métallique en treillis à laquelle on a accolé une poutre pleine en bois.

Les deux câbles intérieurs ont 0m,18 et les deux autres 0m,10 de diamètre. Ils sont supportés par quatre tours en fonte à jour.

Pont de Cincinnati, sur l'Ohio.

Le pont de Cincinnati, qui a 322 mètres d'ouverture et 30m,50 de hauteur au-dessus de l'eau, présente comme celui de Pittsburg (et avec une largeur un peu moindre), une double voie charretière entre deux passages de piétons. Il n'y a ici que deux câbles au lieu de quatre; mais la voie charretière est comprise entre deux poutres de 3m,10 de hauteur, et les garde-corps des trottoirs sont aussi des poutres de moindre hauteur. Les tiges de suspension viennent s'attacher sous les grandes poutres dans la partie centrale du pont et sous les petites dans les parties voisines des piles.

Les tours s'élèvent à 40 mètres au-dessus du plancher et le nombre des haubans est porté à 20 par demi-câble.

Ce pont a coûté près de 9 millions de francs.

Il est, nous a-t-on dit, d'un entretien dispendieux.

Pont de Niagara-Falls.

La construction du pont de Niagara-Falls a été approuvée en 1867 par deux actes de l'État de New-York et du gouvernement canadien autorisant chacun la constitution d'un capital de 200.000 dollars, soit en totalité deux millions de francs environ. Néanmoins on ne se proposait plus ici, comme pour le premier pont du Niagara, de desservir une circulation importante : on voulait surtout livrer passage aux nombreux touristes qui viennent contempler, de l'une et l'autre rive, les deux cataractes du fleuve. On dressa un projet qui, ne donnant que 3m,05 de largeur au tablier et ne comprenant que des tours provisoires en charpente, ne montait pas, dit-on, à plus de 500.000 francs. La dépense effective s'est élevée à 600.000 francs. Mais la Compagnie a atteint le double résultat de percevoir plus rapidement des revenus et d'avoir fait sur une échelle moins compromettante une épreuve qui pouvait mal tourner à raison de la proximité des chutes et de l'embrun qui s'accumule et se congèle sur le tablier. On pourra plus tard élargir ce tablier si l'opportunité en est reconnue et refaire les tours en maçonnerie ou en métal.

La chute du Niagara, divisée en deux par un îlot, se produit dans un coude à angle droit. Les eaux réunies en aval s'écoulent vers le nord par un lit de près de 400 mètres de largeur, rectiligne sur 4 kilomètres environ. Les berges abruptes s'élèvent à 60 mètres de hauteur moyenne au-dessus de l'eau, qui coule sur une profondeur presque égale. Le pont dont nous nous occupons est à 300 mètres en aval de la chute *américaine*.

La distance entre les points de suspension est de 386^{m},84. C'est la plus grande qu'aucun pont ait jamais franchie sans supports intermédiaires.

L'élévation du tablier au-dessus du plan d'eau est, savoir :

Contre la rive canadienne.	55^{m},81
Contre la rive américaine	57^{m},34
Au milieu du pont.	58^{m},40

Ce dernier nombre n'est d'ailleurs qu'une moyenne, variable de 0^{m},60 en plus ou en moins suivant les changements de la température qui varie d'environ 60 degrés centigrades en cet endroit.

Il y a deux câbles de suspension seulement. Ils descendent au niveau du tablier dans le milieu du pont. En ce point minimum ils ne sont espacés que de 3^{m},66 d'axe en axe, tandis qu'en haut des tours ils le sont de 12^{m},81, ce qui fait un surplomb latéral de 4^{m},57. La flèche est, verticalement, et à la température moyenne, de 27^{m},70; dans le plan incliné du câble, elle est de 28^{m},13.

Il y a douze haubans pour chaque demi-câble, quarante-huit en tout. Ils arrivent jusqu'à mi-chemin du centre. Le plus long hauban est tangent à la courbe du câble au point de suspension; les autres vont s'attacher à la plate-forme à des intervalles de 7^{m},62. Leur diamètre varie de 0^{m},08 à 0^{m},14.

Ces douze haubans, qui se rapprochent en montant vers le haut de la tour, se joignent un peu avant d'y arriver et s'assemblent avec sept autres tiges réunies en un faisceau; ce faisceau passe sur un chariot spécial, puis s'accole au câble de suspension en descendant vers la terre, où d'ailleurs il trouve un amarrage distinct. Du côté de la rivière les haubans descendent dans le plan des câbles de suspension, et un lien les rend jusqu'à un certain point solidaires de chacune des tiges de suspension qu'ils croisent.

Quatre liens horizontaux (deux vers chaque rive) en câble de 80 millimètres de diamètre relient les deux câbles de suspension à une hauteur convenable pour ne pas gêner le passage. Quatre autres liens (deux encore pour chaque rive), partant du pied des tours, vont comme des brides de cheval s'attacher aux deux câbles à 33^{m},55 de distance.

Des amarres extérieures, fixées par un anneau à la semelle inférieure des poutres, relient le tablier sous des inclinaisons variées à la crête de la berge ou à de gros blocs noyés dans le talus. Bien que ces amarres soient, comme les tiges de suspension, des câbles de 16 millimètres de diamètre, elles sont à peine visibles à l'œil nu; nous ne les avions pas aperçues d'abord et nous ne les avons découvertes que successivement.

Elles s'étendent presque jusqu'au milieu du pont. Il y en a vingt-huit en amont et vingt-six en aval.

La tour de la rive gauche a 32^{m},02 de hauteur, celle de la rive droite 30^{m},50; elles atteignent ainsi au même niveau. Chacune d'elles a la forme d'une pyramide tronquée. Elles sont séparées par un intervalle de 3^{m},96 à la base; mais à une hauteur convenable les pièces horizontales se prolongent d'une pyramide à l'autre et en font une tour unique. Chaque pyramide est couronnée par un chapeau de fonte supportant le double chariot sur lequel passent le câble de suspension et celui des haubans réunis.

Les deux poutres longitudinales du tablier, qui font garde-corps sur 1^{m},50 de hauteur, sont en charpente et construites dans le système Howe. Les pièces de pont reposent sur les semelles inférieures. Deux séries de contre-fiches en fer contre-butent chaque poutre tant au dedans qu'au dehors. L'un des rails de la voie de fer est contigu aux contre-fiches intérieures d'aval, de sorte qu'il reste, en amont de la voie, assez d'espace pour que les piétons puissent partout circuler sans danger à côté des voitures ou des traîneaux. Une sonnerie, qui met en communication les deux postes établis aux extrémités du pont, sert à empêcher que deux voitures marchant en sens contraire ne s'y engagent à la fois.

Telles sont les dispositions principales des nouveaux ponts suspendus. Elles s'expliquent d'elles-mêmes. Observations générales.

Tous les ingénieurs qui ont pris part à la construction de ponts suspendus, — ne fût-ce que de petits ponts de 25 mètres, comme ceux du canal de la Marne au Rhin, — ont remarqué ce que le tablier emprunte de rigidité à deux garde-corps en charpente. Mais nous n'avons pas songé à tirer parti de cette idée en transformant les garde-corps en de véritables poutres qui, du même coup, porteraient une partie du poids et soulageraient d'autant les câbles de suspension. Toujours en vue de rendre le tablier plus rigide, on avait proposé d'en relier les rives aux câbles par des liens inclinés ; on avait peut-être même pensé à des haubans se rattachant aux tours de support des câbles : mais on n'avait probablement pas aperçu tout ce que cette seconde combinaison avait de rationnel en permettant encore d'utiliser doublement la résistance des nouveaux organes, car les haubans portent une fraction notable de la charge totale. — Par cette double addition de poutres longitudinales et de haubans, le nouveau système était fondé. En inclinant sur la verticale le plan des câbles et ajoutant les amarres extérieures, on créa une énergique résistance à l'action si redoutable des vents.

Cependant l'introduction de ces nouveaux éléments n'eût pas suffi pour rendre une vie nouvelle aux ponts suspendus et surtout pour en étendre autant la portée. Il fallait perfectionner la construction et surtout le mode d'attache des câbles métalliques. Puis il restait à voir si l'on pourrait pratiquement amener les câbles de suspension, les tirants et les poutres à jouer simultanément et de concert le rôle que la théorie assigne à chacun des trois genres de support.

Fabrication des câbles.

Les câbles et les tiges de suspension, les haubans et les amarres extérieures sont tous et partout formés de câbles en fil de fer. — Les fils sont tordus et non parallèles ; M. John Roebling déclarait qu'à égalité de poids on obtient plus de résistance avec les fils tordus et que le prix de fabrication n'est guère plus élevé. — Quand les fils ne sont pas continus, mais présentent des soudures, des épissures ou d'autres modes de jonction, c'est toujours là qu'ils se rompent. On a donc tenu à employer des fils continus et d'un seul morceau. La longueur par suite est considérable : elle atteint $582^{m},55$ au pont de Niagara-Falls. L'ingénieur du pont, M. Samuel Keefer, a fait connaître dans un rapport que ces fils furent fabriqués à Manchester par un procédé nouveau. On avait, dit-il, des tiges de $4,^{m}57$ de longueur et de 11 centimètres carrés de section, pesant $63^{k},42$: on en

tira par une seule opération et en moins d'une minute des fils de la longueur et de la grosseur requises. A cet effet, on chauffait les tiges au rouge blanc dans un fourneau à gaz et on les faisait passer par une série de filières jusqu'à ce qu'ils fussent graduellement réduits à un certain diamètre (le n° 3 des calibres de Birmingham); une extrémité de la tige était encore dans le fourneau que l'autre s'enroulait autour de la bobine; puis le fil était étiré par trois trous et amené ainsi au diamètre de $3^{mm},8$.

Toujours pour le pont de Niagara-Falls, avec dix-neuf fils (*wires*) on faisait un brin (*strand*) et avec sept brins un petit câble ou câble élémentaire (*rope*). Ce câble élémentaire comprend conséquemment cent trente-trois fils; il a 59 millimètres de diamètre et 184 de circonférence. Chacun des câbles de suspension (*cables*) est composé de sept câbles élémentaires et contient neuf cent trente et un fils. — Quand un câble élémentaire du genre de ceux dont il s'agit ici est soumis à l'action d'un poids mort, si le brin central est rectiligne tandis que les autres sont enroulés en spirale alentour, c'est le brin central qui sent le premier l'effort et qui rompt le premier. A raison de cette circonstance, il est d'usage de mettre une âme en chanvre dans les câbles dont se sert la marine. Mais il faut des câbles pleins pour les ponts suspendus, et M. Keefer a fait le brin central en fer doux tandis que les autres sont de fer dur. (Nous ignorons si c'est là un emprunt fait à M. John Roebling.) Le fer doux étant plus ductile, le brin central s'allonge, dit M. Keefer, jusqu'à ce que ceux qui l'entourent soient amenés à un état de tension tels qu'ils travaillent tous ensemble.

Mode d'attache des câbles.

M. Roebling, qui était fabricant de câbles en même temps que constructeur de ponts, s'attache spécialement à signaler le mode d'attache qu'il a imaginé, qu'il a pratiqué avec succès pendant vingt-sept ans, et qu'il croit supérieur à tous ceux usités en Europe. Le système consiste en une plaque de fer (*socket*) percée d'un trou conique dans lequel on engage l'extrémité du câble; le plus petit diamètre du trou est un peu supérieur à celui du câble, le plus grand est le double de l'autre. On épanouit les fils dans l'intérieur du cône et on y chasse des clous en fer de manière que la cavité soit parfaitement remplie; on commence par des clous occupant toute la longueur et on achève avec d'autres qui sont plus petits et plus minces; les fils sont huilés ainsi que les clous; ceux-ci sont

arrondis à la lime. A la fin on retourne à angle droit sur la tête des clous les bouts des fils qui font saillie sur la plaque; puis on coule du plomb qui achève de remplir les vides, et on mate soigneusement.

M. Keefer, en mentionnant ce mode d'attache, ajoute que le plomb aurait pour but de soustraire le fer à l'oxydation. L'effet du plomb est probablement moins restreint; mais ce n'est là qu'un détail. M. Keefer cite des expériences intéressantes qui ont été faites à Birkenhead. On soumit d'abord à la traction un morceau de câble attaché à ses deux extrémités par deux modes différents. D'un côté le fabricant du câble le contourna sur un anneau de fonte de $0^m,37$ de diamètre et, repliant l'extrémité sur le corps du câble, l'y assujettit au moyen de quatre brides à vis qui laissaient entre elles des intervalles de $0^m,15$. A l'autre bout M. Keefer employa la plaque indiquée ci-dessus : le trou conique avait 63 millimètres de diamètre minimum et 89 millimètres de diamètre maximum ; la plaque avait $0^m,15$ d'épaisseur et le bout du câble soumis au refoulement avait 37 millimètres de longueur. Sous un effort de 36 tonnes, les brides commencèrent à se mouvoir vers la boucle; à 50 tonnes elles commencèrent à se toucher; à 57 $\frac{1}{2}$ tonnes elles étaient réunies en deux paires séparées par un intervalle de $0^m,15$. Il fallut arrêter l'épreuve. Ni le câble ni l'autre attache n'avaient été altérés. — Dans une deuxième expérience, le câble était retenu par des plaques à ses deux extrémités : l'une de celles-ci glissa à travers la plaque sous une charge de 88 $\frac{1}{2}$ tonnes. Dans une troisième expérience, le même effet se produisit sous un effort de 96 $\frac{1}{2}$ tonnes seulement; mais le câble en s'échappant s'avaria gravement.

On voulait que le câble supportât sans rompre un effort de 100 tonnes (correspondant à 70 kilogrammes par millimètre carré de sa section) ; l'attache seule manquait encore, tout en réalisant 96 $\frac{1}{2}$ pour 100 de la solidité requise. On était donc bien près du but. Pour l'atteindre complétement, M. Keefer expérimenta un nouveau procédé sur la rive gauche du Niagara. Avant d'engager le câble dans le trou conique de la plaque, il le fit passer dans la gorge creuse d'une croupière de fonte (*yoke*). Cette pièce se rapproche par sa forme d'une ellipse dont le petit diamètre est égal au double de la circonférence du câble et dont la longueur est triple de ce diamètre. Toujours l'extrémité fixée dans une plaque simple manqua la première.

La plaque se combina naturellement en une pièce unique avec la croupière. Un goujon cylindrique, mobile dans une rainure de $0^m,15$ en vue de l'ajustage, sert à réunir cette pièce avec toute autre, avec la chaîne d'encrage pour les câbles de suspension, avec une tige de fer pour la partie inférieure des haubans, cette tige se terminant à l'autre bout par un pas de vis qu'arrête un écrou. Les tiges de suspension, qui n'ont que 16 millimètres de diamètre et n'ont besoin de résister qu'à une charge de 10 tonnes, sont simplement fixées en haut et en bas à des plaques à trou conique ; d'ailleurs toutes celles qui, vers le milieu du pont, ont moins de $3^m,66$ de longueur, sont en fer forgé de 25 millimètres de diamètre et non en fils de fer. Les 480 tiges de suspension soutiennent en bas des boulons qui présentent, sous les pièces de pont, un pas de vis de $0^m,15$.

Le réglage qui peut s'opérer, grâce à ces pas de vis, sur tous les haubans et sur toutes les tiges de suspension, joue un rôle capital dans le système, non pas seulement un rôle théorique comme on pourrait être tenté de le croire, mais un rôle très-pratique et très-efficace si l'on apporte dans la confection des vis et dans la manière de s'en servir les soins indiqués par M. Roebling. La plaque de retenue dont nous avons parlé forme ordinairement, à la base des tiges de suspension, la partie horizontale d'un étrier renversé qui porte une pièce de pont. Les branches verticales de cet étrier, qui traversent la plaque, sont filetées sur une assez grande longueur. Les vis doivent être l[illegible]n taillées et bien graissées, de manière à pénétrer facilement dans l'écrou. Si l'on veut que l'étrier porte 6.000 livres, chaque vis en portera 3.000. On dresse quelques ouvriers intelligents à soulever un poids de 3.000 livres, au moyen d'une vis identique à celles de l'étrier, en se servant d'une clef de longueur déterminée, $0^m,45$ par exemple, longueur telle qu'elle exige l'effort moyen du bras de l'homme. On rend l'opération plus sûre au moyen d'un poids auquel les hommes peuvent comparer fréquemment l'effort qu'ils développent. On doit d'ailleurs s'attendre, dans le calcul de la longueur des tiges de suspension, à ce que les câbles se relèveront près des tours en s'abaissant au milieu du pont lors du serrage des haubans. Réglage.

Voilà comment on peut répartir pratiquement la charge entière entre les câbles de suspension, les haubans et les poutres longitudinales, — faire en sorte, par exemple, que les câbles ne supportent rien de la charge perma-

nente et n'entrent en action que sous l'effet des charges temporaires, ou bien partager également entre eux et les haubans la charge tout entière, sans rien laisser au compte des poutres.

C'est ce dernier parti qu'on a adopté au pont de Niagara-Falls. Le poids de la plate-forme suspendue entre les tours, y compris les câbles de suspension et les tiges, les haubans et les amarres extérieures, est de 263 tonnes. On estime que la charge temporaire sera ordinairement de 50 tonnes et par exception de 100 tonnes, ce qui suppose 43 ou 86 kilogrammes par mètre carré du tablier uniformément chargé. Le poids total maximum est donc de 363 tonnes. Les câbles de suspension, qui en portent la moitié, pèsent 120 tonnes, tandis que les haubans, qui portent l'autre moitié, ne pèsent que 25 tonnes. Ainsi, à égalité de poids, et dans la limite d'inclinaison où l'on a jugé convenable d'employer les haubans, leur effet utile est quintuple de celui des câbles.

On peut dans les calculs raisonner sur des haubans d'égale section et d'égale longueur. On leur a donné à Niagara-Falls trois grosseurs différentes qui correspondent aux charges de rupture indiquées ci-après :

	DIAMÈTRE.	CHARGE DE RUPTURE.
Les trois haubans les plus voisins du câble. . . .	113^{mm}	45^{t}
Les six suivants.	82	25
Les trois derniers.	76	18

Les trois premiers passent par-dessus les tours sans solution de continuité, depuis le tablier jusqu'à l'ancrage. Les six suivants, réunis par couples, sont prolongés par trois câbles de l'autre côté des tours ; les trois derniers haubans sont prolongés par un seul câble : voilà les sept câbles de retenue qui posent sur le chariot spécial des haubans. — La charge de rupture des quarante-huit haubans est en totalité de 1.344 tonnes, et ils peuvent supporter verticalement un poids de 628 $\frac{1}{2}$ tonnes.

Les 480 tiges de suspension pourraient supporter ensemble un poids de 4.800 tonnes. Les amarres extérieures représentent une résistance totale de 540 tonnes.

La charpente dont chacune des deux tours est construite pourrait résister

sans s'écraser à un poids de 10.560 tonnes, c'est-à-dire trente fois plus considérable que le poids permanent et la surcharge accidentelle du pont tout entier.

Pont de la rivière de l'Est.

Ainsi que nous l'avons annoncé, nous devons nous occuper spécialement ci-après du pont qui se construit entre New-York et Brooklyn. Nous n'en parlerons présentement qu'au point de vue de la suspension du tablier, suspension qui se combine, comme dans les ouvrages précédents, avec l'emploi de haubans et de poutres longitudinales.

Le tablier aura 26 mètres de largeur et se trouvera divisé en cinq zones par six poutres longitudinales de 2^{m},70 et 3^{m},80 de hauteur. — Des trois travées, celle du centre aura 493 mètres d'ouverture. — Il y aura quatre câbles de suspension ; les deux câbles extérieurs s'écarteront du bas, tandis que les câbles intérieurs se rapprocheront. Les tours surmontant les deux piles s'élèveront à 42 mètres au-dessus du plancher, à 85 mètres au-dessus de la surface de l'eau. — Le nombre des haubans sera porté à trente-cinq par demi-câble ; ils parviendront jusqu'à 160 mètres de distance des tours et ne laisseront sans soutien qu'un tiers de la plate-forme ; les plus rapprochés des tours seront fixés à ces tours elles-mêmes, à diverses hauteurs, au lieu de passer par-dessus. — Les amarres extérieures ne pourraient pas se concilier ici avec les convenances locales ; mais elles sont moins nécessaires eu égard à la masse énorme de la plate-forme. Du reste M. Roebling, en vue de résister aux actions horizontales, a projeté de placer horizontalement sous le tablier de chaque travée deux câbles paraboliques tournant leur convexité l'un vers l'amont et l'autre vers l'aval, fixés par leurs extrémités aux piles ou culées, et rattachés aux pièces de pont : ces câbles, tout en reliant les diverses parties du tablier, reporteront sur les points d'appui les efforts horizontaux. Voilà comment les solutions se diversifient avec les circonstances.

Le poids de la superstructure de la travée centrale, y compris celui des quatre câbles (en fils d'acier) de 0^{m},28 de diamètre pour chacun, est évalué à	3.483 tonnes.
Le poids temporaire d'une foule circulant pêle-mêle sur le pont est estimé à 30 livres par pied carré (150 kilogrammes par mètre carré) ce qui fait.	1.270
Total.	4.753 tonnes.

On veut que le pont, travaillant à la limite de l'effort de rupture, puisse supporter un poids six fois plus considérable, soit. . . . . 28.518 tonnes.

Il y aura par chaque demi-câble 35 haubans, soit 280 haubans pour les quatre câbles. Leur longueur moyenne, comparée à la hauteur des tours, sera de 1,87. On leur donnera une section telle qu'ils se rompent sous une charge de 100 tonnes. Chacun d'eux pourra donc supporter un poids de $\frac{100^t}{1,87} = 53^t,47$, soit pour les 280. . . . . 14.972

Reste à supporter par les poutres et les câbles. 13.546

Faisant encore ici abstraction de la résistance des poutres, on veut que les câbles supportent ce poids restant, ce qui fera pour chacun des quatre. 3.386

Le rapport de la flèche à l'ouverture étant de $\frac{1}{12,5}$, la tension du câble au sommet sera de $3.386^t \times 1,64 =$. 5.553

La section des câbles se déduit de là. Si on les faisait en fils de fer au lieu de fils d'acier, le diamètre serait de 15 pouces au lieu de 11 ($0^m,38$ au lieu de $0^m,28$).

Pont projeté sur l'Hudson.

Près de deux années se sont écoulées depuis que la législature de l'État de New-York a autorisé l'établissement d'un pont suspendu sur l'Hudson à 60 kilomètres environ de son embouchure. Les raisons qui ont motivé l'entreprise n'ont fait que croître en importance, et la Compagnie constituée fait appel aux capitaux.

Ce pont a surtout pour objet de mieux relier les villes manufacturières de la Nouvelle-Angleterre avec les houillères de la Pennsylvanie et les contrées agricoles de l'Ouest, de les relier par des rails continus en supprimant les transbordements et les passages d'eau. Il sera placé à 6 kilomètres au nord de Peekskill.

Il desservira à la fois une route ordinaire et un chemin de fer accolés. Il sera construit sur le type et à peu près suivant les dimensions de celui de la Rivière de l'Est, savoir :

Ouverture entre les deux culées.	488^{m}, »
Distance entre les axes des tours.	507^{m},82
Longueur totale du pont, y compris les abords.	746^{m},95
Hauteur du tablier au-dessus des hautes eaux.	47^{m},27
Hauteurs des tours au-dessus du même niveau.	85^{m},40
L'avant-métré porte le cube total de la maçonnerie à.	43.563$^{m.c.}$
Et le poids total du fer et de l'acier à.	17.005^{t}

Il y aura quatre câbles de 0^{m},36 de diamètre contenant environ 113.000 kilogrammes de fils d'acier.

Le poids suspendu sera de 9.651 tonnes.

La charge qui pourra être supportée sans danger sera, savoir :

Pour les voies de fer.	2.400 tonnes.
Pour les autres voies.	2.880
La charge de rupture serait.	25.171

Suivant M. Roebling on pourrait sans danger porter à 900 mètres l'ouverture des ponts suspendus (voir son rapport de 1867 au Conseil d'administration de la Compagnie des ponts de New-York). Sans le suivre dans ses calculs, et en laissant même de côté la travée de 493 mètres qui se construit présentement, c'est un fait positif qu'il existe quatre ponts de 250, 105, 322 et 387 mètres ayant subi complétement et avec succès les épreuves diverses de l'expérience. Avec l'addition des poutres longitudinales, des haubans, des amarres extérieures, et avec l'inclinaison donnée au plan des câbles, le pont suspendu n'apparaît plus (suivant l'expression de M. Roebling) comme une sorte de balançoire. Quand depuis quinze ans celui qui plane à 75 mètres au-dessus du gouffre du Niagara résiste à des ouragans que l'on dit terribles, il faut cesser de croire que la violence des coups de vent puisse être en France un obstacle à l'établissement d'ouvrages analogues. Conclusions.

Ces organes additionnels compliquent évidemment le système et peuvent, en augmentant la dépense, amoindrir dans certains cas sa valeur relative. Mais ce n'est pas une raison pour oublier qu'au delà de 150 mètres d'ouverture ce sys-

tème est encore à peu près sans rival, et la question même de l'augmentation de dépense mérite d'être examinée mûrement.

Nous sommes conséquemment d'avis qu'il y a lieu de réagir contre le discrédit dans lequel l'opinion publique a relégué chez nous les ponts suspendus.

---

§ 6. — DÉTAILS SPÉCIAUX SUR TROIS PONTS EN COURS D'EXÉCUTION.

I. — PONT D'OMAHA.

Objet du pont.

C'est à Omaha, sur la rive occidentale du Missouri, que commence le chemin de fer du Pacifique, lequel est ouvert depuis le 10 mai 1869. C'est à Omaha, ou plus exactement à Council-Bluffs (de l'autre côté de la rivière), qu'aboutissent les trois lignes qui, de Chicago, prolongent concurremment vers l'Ouest les grands courants partis du littoral de l'Atlantique; le chemin de fer de Saint-Joseph y amène en même temps les voyageurs de Saint-Louis et de la Nouvelle-Orléans. Le pont que l'on construit doit relier ces quatre lignes avec celle du Pacifique. C'est donc un ouvrage de grande importance. La voie unique sur laquelle des trains le franchiront, remorqués par des locomotives, sera parcourue aussi par des omnibus à traction de chevaux et par des piétons circulant entre Council-Bluffs et Omaha. La population totale des deux villes n'est encore que de 29.000 habitants; mais leur imagination surexcitée voit ce nombre décuplant d'ici à un petit nombre d'années.

Conditions principales d'établissement.

Nous avons déjà dit (en parlant des poutres du système Howe et de celles du système Post) que dès la fin de 1866 on se préoccupait de construire à Omaha soit un pont provisoire en charpente, soit un pont définitif en métal. C'est à ce dernier parti qu'on s'est arrêté; mais les travaux n'ont été commencés qu'en 1870.

La difficulté des fondations, non moins que l'obligation de laisser un passage convenable aux bateaux, conduisait à faire de grandes travées. Le pont qui se construit en aura onze de 250 pieds chacune (76^{m},25). Nous ne reviendrons pas sur la superstructure; on a vu qu'elle doit être essentiellement composée de deux poutres de 8^{m},50 de hauteur et 5^{m},49 d'écartement.

Le tablier, placé au niveau des semelles inférieures, se trouvera à 50 pieds (15m,25) au-dessus des hautes eaux. Les crues sont de 8 à 9 mètres. On trouve le rocher à une profondeur qui varie de 19 à 23 mètres en contre-bas de l'étiage. Il est recouvert d'une couche épaisse de sable perméable, fin et mouvant, excessivement affouillable, qui découvre en basses eaux sur une partie de l'emplacement du pont projeté. Nous avons vu des morceaux de lignite et des os trouvés à 15 mètres en contre-bas de l'étiage, ce qui prouve que les affouillements descendent au moins jusque-là ; et la surface du rocher se trouve partout unie et polie par le frottement du sable. Le Missouri se déplace avec une extrême facilité ; on l'a vu se jeter en quelques mois de plus d'un kilomètre à droite ou à gauche. Pour l'obliger à passer désormais sous le pont, il faudra certainement l'enserrer dans de fortes rives artificielles en amont.

Le courant est rapide. Au moment de la débâcle des glaces ces hautes piles auront à supporter des chocs violents, d'autant plus que les arbres arrachés aux rives s'ajoutent aux glaçons et qu'il faut compter aussi avec le choc éventuel des trains de bois et des bateaux à vapeur. Chaque pile est formée de deux colonnes de fonte remplies de maçonnerie et qui, du rocher dans lequel elles pénètrent quelque peu, montent jusque sous les semelles des poutres. Il convient d'ajouter tout de suite qu'un troisième tube, placé à l'amont, protégera la pile jusqu'au niveau des hautes eaux ; une forte plaque de tôle, intérieurement soutenue par des fragments de rails, reliera ce tube additionnel au tube voisin en constituant un avant-bec dont le parement courbe, analogue par sa forme à la proue des navires, se prêtera mieux au glissement latéral des glaçons.— Cela suffira-t-il, et n'eût-on pas mieux fait d'élever sur un caisson des piles en maçonnerie? C'est ce que l'expérience fera connaître.

Les tubes, qu'on fait descendre à l'aide de l'air comprimé, ne présentent rien de particulier. Ils ont 3m,05 de hauteur, 2m,59 de diamètre extérieur, 38 millimètres d'épaisseur. La distance d'axe en axe des deux colonnes est la même que celle des poutres, soit 5m,49. On ménage dans la maçonnerie un puits central de 0m,91 au-dessus duquel s'établit l'écluse à air. C'est par ce puits que les hommes s'introduisent et que les déblais remontent dans une benne ; un treuil intérieur est mû à cet effet par une petite machine à vapeur extérieure, Fondation tubulaire.

l'arbre de transmission pénétrant dans l'écluse à air par une boîte à étoupe. Un homme placé dans cette écluse verse le contenu des bennes dans deux tuyaux inclinés qui traversent la paroi d'enceinte de l'écluse et qui, s'ouvrant ou se fermant l'un et l'autre à leurs deux extrémités, constituent deux petites écluses accessoires pour la sortie des déblais. Un signal permet de combiner l'ouverture et la fermeture au dedans et au dehors. — Nous avons été frappé de la simplicité d'organisation du chantier, du peu d'espace qu'il occupe, du petit nombre d'ouvriers qu'il emploie, du peu de bruit et de mouvement qui se produit alentour malgré l'avancement rapide du travail.

Au mois d'août 1870 on avait terminé les deux piles extrêmes et on travaillait simultanément aux deux suivantes. Dans chaque pile on enfonçait complétement une file de tubes avant de s'occuper de l'autre; on commençait par celle d'aval, de peur qu'un échouage accidentel du chaland qui porte la machine à vapeur et les pompes ne vînt à en obstruer l'emplacement. Pendant les cinq ou six premiers mètres du fonçage on avait dû, pour qu'il s'opérât bien verticalement, déblayer plus ou moins au pourtour; mais ensuite toute déviation cessa. Le poids de la maçonnerie ne suffisant pas pour provoquer l'enfoncement avec la rapidité désirée, on pesait sur le tube au moyen d'un levier dont une extrémité était fixe, tandis que l'autre portait un plateau chargé de moellons: on augmentait ainsi de soixante-dix à quatre-vingts tonnes la pression exercée sur le fond. L'enfoncement atteignait parfois $0^m,30$ par heure. Il atteignit plus tard jusqu'à $5^m,65$ en vingt-quatre heures.

A ce compte, et comme on travaillait jour et nuit, l'opération eût été bientôt terminée. Mais le déplacement de l'écluse à air, qu'il fallait installer successivement au-dessus du dernier des tubes superposés, faisait perdre beaucoup de temps; et en définitive on avait mis jusque-là quinze jours environ à foncer une colonne de 20 mètres de hauteur. L'ingénieur en chef, M. Sickels, se disposait à fixer désormais l'écluse à air au-dessus du plafond du tube inférieur, cette écluse devant descendre avec la colonne, tandis qu'un simple puits, successivement allongé, la maintiendra en communication avec l'extérieur. Le travail fini, on garnira de béton l'espace que l'écluse laissera vide, comme on le fait pour le tube inférieur. Nous avons du reste vu plus tard cette heu-

reuse innovation fonctionner avec succès aux ponts de Saint-Louis et de Brooklyn.

Les ouvriers travaillaient huit heures consécutives aux fondations du pont d'Omaha, la période de vingt-quatre heures étant partagée en trois relais. M. Sickels exprimait le désir de pouvoir y employer des Chinois, dont le service exact et consciencieux serait d'un grand prix pour des travaux de cette nature. Il comptait avoir terminé pour la fin de l'année les fondations du pont et employer à la pose du tablier les trois mois de janvier, février et mars, pendant lesquels la navigation est interrompue par les glaces.

Le pont s'exécute aux frais des quatre compagnies du Pacifique, du Chicago & North-Western, du Chicago & Pacific et du Chicago & Burlington.

II. — PONT DE SAINT-LOUIS.

Renseignements préliminaires.

Le pont en construction sur le Mississipi à Saint-Louis présente un intérêt de premier ordre au double point de vue de la superstructure et des fondations. Lorsque nous visitâmes le chantier en septembre 1870, les fondations étaient terminées pour la culée de l'ouest, fort avancées pour les deux piles, mais non commencées encore pour la culée de l'est. Quant à la superstructure métallique, le projet, dressé en 1868, venait de recevoir diverses modifications ; les dessins d'exécution avaient été remis aux entrepreneurs le 1er juillet, et l'on pensait qu'à moins de retard tenant aux maçonneries le pont pourrait être terminé vers la fin de 1871.

Ces travaux, dont la dépense totale est estimée à 5 millions de dollars (en y comprenant deux viaducs d'accès et un demi-million pour indemnités de terrains), sont exécutés par une compagnie spéciale (Illinois & Saint-Louis Bridge Company). Nous devons les renseignements qui suivent à son ingénieur en chef, le capitaine James C. Eads, et à l'ingénieur en chef adjoint, le colonel Henry Flad.

La grande ville de Saint-Louis est bâtie sur la rive droite (Ouest) du Mississipi, à 20 kilomètres en aval du confluent du Missouri. Les deux rivières y coulent encore l'une à côté de l'autre, sans paraître se mélanger, les eaux jaunâtres du Mis-

souri s'attachant à la rive droite, tandis que les eaux claires du Mississipi se tiennent contre la rive gauche. Le lit du fleuve présente à Saint-Louis un rétrécissement qui augmente beaucoup la rapidité du courant et rend très-mouvante la masse de sable sur laquelle les eaux roulent Tandis que le Missouri a près de 900 mètres de largeur à Omaha, les deux cours d'eau réunis n'ont guère que 500 mètres à Saint-Louis à la hauteur des eaux ordinaires, c'est-à-dire à 8 mètres environ en contre-bas des hautes eaux et à 4 mètres en contre-haut des basses eaux. (Les eaux ne descendent au zéro de l'étiage que quand le fleuve est engorgé par les glaces en amont de la ville. Le niveau des basses eaux ordinaires est à $1^m,52$ plus haut.)

En été les bateaux trouvent un mouillage de 5 mètres environ sur un fond de sable fin et terreux. Le roc est par-dessous, à une profondeur qui, rapportée à deux repères que l'on considère comme limites extrêmes du niveau des eaux, s'exprime par les chiffres suivants :

	EN CONTRE-BAS	
	DE L'ÉTIAGE.	DES PLUS HAUTES EAUX.
A la culée de l'Ouest.	$3^m,97$	$16^m,78$
A la pile de l'Est.	$26^m,23$	$39^m,04$
A la culée de l'Est.	$28^m,67$	$41^m,68$

Les affouillements, les débâcles de glaces et le choc des bateaux ou des grands arbres arrachés aux rives sont beaucoup plus redoutables ici qu'à Omaha. Les fondations devaient être extrêmement difficiles. On réduisit à deux le nombre des piles à construire en plein lit de rivière.

A. — SUPERSTRUCTURE.

Idée sommaire du projet.

Le pont, large de 16 mètres, présentera deux étages superposés à 8 mètres de distance. En haut, dominant de 30 mètres environ le niveau ordinaire des eaux, il y aura une chaussée pour route ordinaire avec deux trottoirs latéraux, en bas deux voies de fer pour wagons à traction de locomotives et un passage de trois mètres réservé entre les deux voies. Les deux tabliers seront supportés par des montants métalliques qui reposent sur quatre arcs en acier.

L'ouverture des arcs sera de $158^m,60$ pour la travée centrale et $150^m,60$ pour

chacune des travées latérales. La flèche sera de 15 mètres environ pour la première et de 13 mètres pour les deux autres. Une inclinaison de 15 millimètres par mètre suffira pour raccorder la route avec les rives. Les voies de fer présenteront aussi deux rampes en sens inverse : le tablier qui les porte affleurera inférieurement l'intrados de l'arc central, et, pour qu'il ne coupe pas les arcs latéraux, on placera les naissances de ceux-ci à $0^m,45$ plus bas contre la culée que contre la pile ; on compte que cette différence de niveau s'harmonisera avec la courbure générale du pont.

Il y aura quatre arcs dans chaque travée. Ils ont $4^m,11$ de hauteur totale ; mais chacun d'eux est formé de deux tubes, de $0^m,45$ de diamètre extérieur, maintenus à $3^m,66$ de distance d'axe en axe. (Dans le projet primitif, au lieu d'un tube de $0^m,45$ on en avait deux de $0^m,22$.) Les tubes sont en acier, et les pièces qui les relient sont en fer.

Chacun de ces tubes curvilignes est formé de tronçons de $3^m,60$ de longueur réunis par des manchons. Il y en a 43 dans le tube supérieur et 45 dans le tube inférieur. Chaque tronçon se termine à ses deux extrémités par une partie filetée qui pénètre dans le manchon taraudé. Un très-fort goujon cylindrique, horizontal, perpendiculaire au plan de tête du pont, traverse chaque manchon en son milieu ; c'est sur ces goujons que reposent, avec faculté d'osciller un peu, les grandes tiges verticales rigides qui portent le double tablier.

Considérés dans leur section transversale, les tubes sont formés de six segments en acier laminé qui ont $3^m,96$ de longueur totale, $0^m,24$ de largeur et une épaisseur variant de 38 à 62 millimètres. Ces segments sont reliés d'abord par une chemise d'acier de 6 millimètres, puis par de gros boulons qui traversent le tube d'outre en outre et dont les uns sont verticaux tandis que les autres sont inclinés à 45° à droite ou à gauche de la verticale.

La fourniture totale d'acier sera d'environ 2.500 tonnes, dont les quatre cinquièmes environ s'appliquent aux tubes.

La Compagnie du pont a traité pour la superstructure avec la « Keystone Bridge Company[1] » de Pittsburg, et celle-ci a sous-traité pour la fourniture

[1] *Keystone*, qui signifie *clef de voûte*, est une qualification que les communautés prennent volontiers aux États-Unis. L'État de Pennsylvanie s'intitule *the Keystone state* de l'Union, comme l'État de New-York en est *the Empire state*.

de l'acier avec une usine voisine de Philadelphie. La superstructure étant encore à l'état de projet, nous nous bornons à en donner cette idée générale. Mais nous ajouterons quelques renseignements sur les difficultés qui se sont bientôt après rencontrées dans la fabrication des premières pièces d'acier.

Difficultés de fabrication.

Celles dont on devait avoir besoin tout d'abord étaient soixante boulons destinés à amarrer les plaques de retombée des arcs. Le diamètre de ces boulons est fixé à $0^m,15$; leur longueur varie de $6^m,70$ à 11 mètres. Chacun d'eux doit supporter une charge d'épreuve de 519 tonnes (le double de l'effort maximum auquel il doit être effectivement soumis en place) et revenir ensuite à sa longueur primitive. Les premiers boulons fabriqués ne satisfaisaient pas à cette condition. On n'en obtint de bons qu'après avoir modifié les éléments et le mode de fabrication de l'acier.

Un mécompte du même genre eut lieu pour les tubes. On avait laissé aux entrepreneurs le choix de laminer les segments avec ou sans une nervure saillante à l'intérieur du tube sur chacune des deux rives. Ils optèrent pour les nervures; mais ils durent y renoncer après plusieurs tentatives qui exigèrent de dispendieux remaniements des cylindres. Plus de six mois se passèrent avant qu'on pût soumettre un des segments à la machine d'essai. On reconnut alors que l'acier n'offrait pas la résistance requise. On en améliora la qualité en changeant les proportions du fer et du charbon; mais il se trouva encore que des pièces obtenues avec un même mélange présentaient des inégalités de résistance. On fit alors des essais avec l'acier chromique pour lequel M. Bauer est breveté. Les résultats obtenus furent, dit-on, parfaits; et la Compagnie du pont, écartant l'acier carburé, négocia un traité qui, tout en ménageant les divers intérêts en jeu, permit d'adopter exclusivement l'acier chromique.

Supériorité attribuée à l'acier chromique sur l'acier carburé.

Suivant M. Eads, la supériorité de cet acier sur l'autre tiendrait à ce que le chrome n'a que peu ou pas d'affinité pour l'oxygène et par suite n'est pas exposé à être séparé du fer brûlé par une chaleur intense. Il ajoute que cet acier se prête plus facilement au laminage. Pas un seul morceau n'a failli sous la charge d'épreuve. M. Eads, qui a été admis personnellement à visiter en détail l'usine de M. Krupp et celle de MM. Petin Gaudet & Compagnie, et qui a reçu dans l'une et l'autre l'assurance qu'on pouvait satisfaire avec l'acier carburé aux con-

ditions requises pour le pont de Saint-Louis, n'en est pas moins convaincu que l'acier chromique présente plus de garanties d'uniformité. La charge de rupture des pièces déjà fabriquées est très-supérieure à celle prévue par le devis, et l'addition du chrome permettrait d'obtenir une résistance presque indéfinie à la compression. Le directeur de ces grands travaux se montre enfin plein de confiance dans le succès.

La perfection requise pour la fabrication de l'acier n'est pourtant pas le seul problème nouveau qu'on ait entrepris de résoudre au profit du pont de Saint-Louis. Les pièces de fer qui doivent relier les deux tubes de chaque arc sont presque aussi difficiles à obtenir. Il est en effet stipulé qu'elles ne doivent se rompre que sous une tension de 42 kilogrammes par millimètre carré. Or jusqu'à présent (octobre 1871) aucune des pièces présentées n'a supporté plus de 38 kilogrammes ; très-peu d'échantillons ont résisté jusqu'à 35, et beaucoup se sont rompus sous une charge de 34 kilogrammes seulement. Cependant les sous-traitants de la Keystone Bridge Company prétendent encore qu'ils satisferont entièrement et dans un court délai aux conditions prescrites.

Quoi qu'il en soit, on peut tout au moins s'attendre à ce qu'il sorte de ces énergiques efforts des améliorations de procédés profitables à l'industrie métallurgique.

B. — FONDATIONS.

1° CULÉE DE L'OUEST.

Établie sur le roc à $3^m,97$ en contre-bas du zéro de l'étiage, la culée de l'ouest a 35 mètres de hauteur totale. Quand elle sera terminée, elle comprendra 9.000 mètres cubes environ de maçonnerie.

Bien que fondée à 20 mètres plus haut que la pile de l'Est, elle a présenté des difficultés plus inquiétantes, plus « agaçantes » que celles rencontrées dans la fondation des deux piles. Il ne s'agissait pourtant que d'établir un bâtardeau. Il devait être formé d'un corroi d'argile de $1^m,83$ d'épaisseur maintenu par deux files de palplanches. Or les bateaux à vapeur avaient stationné dans cet endroit pendant soixante ans, et on y avait jeté de vieilles tôles de boîtes à feu, des grilles usées, des tuyaux de cheminées, etc. Dans l'incendie de 1849, qui

détruisit vingt-neuf steamers le long de la rive, deux de ceux-ci sombrèrent l'un sur l'autre en ce point-là, et celui du dessous s'enfonça jusqu'à deux ou trois pieds du rocher ; plus tard un troisième bateau vint encore s'échouer par dessus et y resta. Il s'était ainsi formé une couche de débris de 3 à 4 mètres d'épaisseur. Les fonds de bateau étaient en chêne de 8 à 10 centimètres d'épaisseur. Il fallait que les palplanches traversassent le tout pour arriver au rocher. On commença par pratiquer des ouvertures au moyen d'un pieu en chêne de $0^m,25$ sur $0^m,15$, armé d'un fort ciseau d'acier ; on le battait au refus avec une sonnette à vapeur. Puis on le retirait et on mettait à la place une palplanche de $0^m,25$ sur $0^m,12$. Quand on eut construit le bâtardeau et qu'on voulut épuiser, on reconnut que sur un tiers ou moitié de leur longueur les carcasses des trois bateaux se trouvaient à l'intérieur du bâtardeau et que les palplanches n'avaient pas pénétré jusqu'au fond. On se décida alors à battre une troisième file de palplanches à $1^m,83$ en dehors et à doubler le bâtardeau sur 15 mètres de longueur. On retira à l'aide du scaphandre des ancres, des chaînes, des débris de roues, etc. On put enfin épuiser et mettre le rocher à nu. La première pierre fut posée le 25 février 1868.

2° PILE DE L'EST.

La pile de l'Est devait être fondée sur un caisson enfoncé à l'aide de l'air comprimé jusqu'à 31 mètres en contre-bas des eaux ordinaires. C'était une profondeur sans exemple dans les applications antérieurement faites de la méthode, et qui devait s'accroître encore par les crues accidentelles du fleuve.

Disposition du caisson. On fit le caisson en tôle en lui donnant une forme hexagonale. Il a 25 mètres de longueur de la pointe d'amont à celle d'aval, 16 mètres suivant les deux longs côtés, $18^m,50$ de largeur entre ceux-ci et $10^m,30$ suivant les quatre faces obliques. Le plafond est formé par quinze poutres en tôle pleine à double té, de $1^m,52$ de hauteur, placées perpendiculairement à l'axe de la rivière ; une feuille de tôle est rivée par-dessous. Ce plafond est consolidé non-seulement par des écoinçons verticaux en tôle fixés contre la muraille sur tout le périmètre de l'hexagone, mais aussi par deux cloisons longitudinales en bois qui divisent la chambre de travail en trois compartiments d'environ 6 mètres de largeur ;

ces cloisons sont formées de poutres de $0^m,30$ sur $0^m,30$ superposées sur toute la hauteur de la chambre de travail ($2^m,75$); on a ménagé une porte dans chacune d'elles pour que les ouvriers puissent passer d'un compartiment dans l'autre. Elles réduisent au tiers la portée des poutres du plafond et soulagent la muraille d'enceinte; après avoir facilité le lançage du caisson, elles ont facilité le règlement de la descente. M. Flad a appelé notre attention sur ce quadruple avantage.

Sept puits circulaires avaient été ménagés à travers le plafond et se prolongeaient à travers le massif de maçonnerie à mesure qu'il s'élevait et que le caisson s'enfonçait. Un de ces puits était au centre de la pile et les six autres disposés sur deux files à 6 mètres de distance, trois en amont et trois en aval. Le puits central avait $3^m,05$ de diamètre et était pourvu d'un escalier tournant; les autres n'avaient que $1^m,45$ et n'étaient pourvus que d'une échelle en fer.

Position des écluses à air.

Ces sept puits étaient munis chacun d'une écluse à air. Mais, au lieu de la placer en haut du puits, on l'avait placée tout en bas : elle comprenait d'abord l'épaisseur du plafond, s'élevait un peu au-dessus et descendait encore en dessous, dans la chambre de travail. Elle était ainsi immobilisée : on n'avait pas à la démonter et à la remonter à chaque enfoncement de 4 ou 5 mètres; on pouvait par suite la faire plus grande et d'un accès plus commode. Puis on limitait l'espace qu'il faut tenir plein d'air comprimé et on réduisait à une cheminée ordinaire toute la partie supérieure de l'appareil. Cette immobilisation de l'écluse à air au bas des puits est une innovation capitale.

Pompe à sable.

Le puits central servait seul à la circulation des ouvriers. Les autres ne devaient être affectés au même usage qu'en cas de besoin; ils étaient principalement destinés à l'extraction des déblais : dans chacun d'eux descendait le tuyau d'une *pompe à sable*. M. Eads a nommé ainsi un petit appareil dont voici la disposition générale. L'eau d'un réservoir supérieur, amenée par une conduite d'environ 8 centimètres de diamètre, descend jusqu'à $0^m,30$ ou $0^m,40$ en contre-haut du bord inférieur du caisson et débouche par une mince ouverture annulaire dans un second tuyau vertical par lequel elle remonte. Au-dessous et dans le prolongement de ce second tuyau, il y en a un troisième qui, d'une part, pénètre par son extrémité supérieure dans l'embouchure évasée du second, au centre

même de la gerbe annulaire qui s'y projette, et d'autre part plonge par le bas dans le sable fin et meuble que les ouvriers y amènent en tas. Par un effet analogue à celui de l'injecteur Giffard, le courant d'eau ascensionnel aspire le sable et l'emporte avec lui jusqu'à ce qu'ils dégorgent ensemble. Il va sans dire que le tuyau inférieur plonge dans l'eau et que celle-ci ne descend jamais à l'intérieur en dessous du niveau de la rivière. — Dès l'établissement du pont de Kehl on avait su extraire les déblais des chambres à air comprimé sans les faire passer par des écluses à air : une chaîne à godets, fonctionnant dans un puits à fermeture hydraulique, y avait suffi. Mais le jet de sable continu et automatique de Saint-Louis, s'opérant (pourvu que la nature du déblai s'y prête) dans des conditions d'installation si simples et sans l'introduction d'aucun organe mobile, est un perfectionnement bien ingénieux.

On a constaté qu'une pompe de 88 millimètres de diamètre pouvait élever par heure 15 mètres cubes de sable, la pression d'eau nécessaire pour le jet étant d'environ dix atmosphères.

Enceinte supérieure en tôle.

Comme appendice du caisson, une chemise hexagonale en tôle de 19 millimètres d'épaisseur en prolongeait les parois verticales vers le haut, s'allongeant à mesure que le caisson s'enfonçait. Cette chemise devait s'arrêter au niveau du fond de la rivière ; elle était formée de feuilles rivées à joints étanches. Elle avait un double but : 1° donner plus de rigidité aux parois verticales du caisson et en prévenir la déformation ; 2° prévenir l'introduction de l'eau dans la maçonnerie et par suite dans les puits. Les maçonneries présentent extérieurement un fruit qui les maintient à une certaine distance de la chemise en tôle. Ce fruit est remplacé, sur les deux flancs de la pile, dans l'intervalle compris entre le fond de la rivière et les basses eaux, par quatre retraites qui réduisent l'épaisseur de $18^{m},50$ à 11 mètres. La maçonnerie, qui est toute en moellons calcaires au-dessous du fond, est parementée en granite au-dessus.

Enfoncement.

Le caisson fut lancé le 18 octobre 1869 et remorqué à l'emplacement de la pile. Quatre pieux de 1 mètre de diamètre, formés chacun de huit pièces avec un vide dans le milieu qui permît de faire jouer la pompe à sable pour déterminer leur enfoncement, furent établis de manière à guider le caisson dans sa descente. Ils servirent à supporter des vis auxquelles le caisson demeura sus-

pendu jusqu'à ce qu'il eut atteint le fond de la rivière. On posa la première pierre le 25 octobre, et on atteignit le rocher le 28 février 1870.

En basses eaux, l'épaisseur ordinaire du sable qui recouvre le rocher dans cet endroit est d'environ 80 pieds (24^{m},40). Un exhaussement de la rivière provoque un entraînement du sable, et, quand les eaux baissent, de nouveaux dépôts se forment rapidement. Au moment où l'on mit le caisson en place, il y avait 10^{m},67 de profondeur d'eau et 20^{m},74 de sable. Pendant que le caisson descendait vers le fond du lit, le courant, s'accélérant par-dessous, affouilla le sable sur une hauteur de 1^{m},52, laissant une surface irrégulière et 19^{m},22 d'épaisseur moyenne au-dessus du rocher. Quand le caisson eut bien pénétré dans le sable, un dépôt se fit en amont et surtout en aval, un dépôt qui durant vingt à trente jours dans le cours de l'enfoncement du caisson dépassa la surface de l'eau. Sur les côtés, balayés par le courant, le dépôt ne s'éleva pas assez pour gêner les deux bateaux qui portaient les appareils de bardage des matériaux. Pour soutenir la chemise en tôle contre la pression de ce sable, on l'arc-boutait à l'intérieur contre la maçonnerie et on dirigeait dans le vide le sable extrait par les pompes, de manière qu'il y fût toujours au niveau du sable extérieur. On comptait tenir constamment la maçonnerie au-dessus du niveau de l'eau; mais on ne put le faire parce que le granite ne fut pas fourni en temps utile. Plutôt que d'arrêter l'enfoncement, on aima mieux se fier à l'étanchéité de la chemise en tôle, et quand on atteignit le rocher, le haut de la maçonnerie était à 1^{m},80 environ en contre-bas de la surface de l'eau. Seulement, pour écarter le danger auquel seraient exposés les ouvriers travaillant sous le caisson dans le cas d'une rupture improbable, mais possible, de l'enceinte, on prolongea les puits jusqu'au-dessus du niveau des eaux. On put ainsi continuer le remplissage en béton de la chambre de travail. Cependant dans le cours du mois d'avril, les eaux étant à 33^{m},70 au-dessus du rocher, à 5^{m},95 au-dessus du sommet de la maçonnerie, l'enceinte creva, et les filtrations dans les puits furent telles qu'on dut faire remonter les ouvriers et suspendre le travail. Les plongeurs reconnurent que la rupture était due non pas à la pression de l'eau extérieure, mais à celle du sable intérieur : le sable avait été affouillé du côté Est de la pile sur 16^{m},75 de profondeur, l'épaisseur du sable s'était trouvée réduite à 10^{m},67,

Rupture de l'enceinte.

Bâtardeau supporté.

le sens de la pression s'était renversé. On prit alors le parti d'enlever la partie supérieure de l'enveloppe en tôle et de la remplacer par un bâtardeau hexagonal maintenu à l'aide de crampons fichés dans le joint inférieur de la 4e assise de maçonnerie. Quand nous visitâmes le chantier, la maçonnerie était à plus de 5 mètres au-dessus de la surface de l'eau, et le bâtardeau, devenu inutile, avait disparu.

Télégraphe.

Lorsque cette pile de l'Est eut atteint la profondeur de 20m,13, un appareil télégraphique fut placé dans la chambre de travail et deux fils furent conduits, l'un dans le bureau de l'ingénieur des travaux, sur l'un des bateaux accolés à la pile, l'autre dans le bureau de l'ingénieur en chef, sur la rive Ouest du fleuve. M. Eads se trouvait ainsi constamment tenu au courant des progrès et des incidents du fonçage. D'autre part, l'idée qu'on avait constamment sous la main, dans la chambre de travail, un moyen de communiquer avec le monde supérieur, et un moyen vraisemblablement indépendant de tous les accidents qui pouvait mettre en danger la vie des hommes, cette idée produisait sur les travailleurs un très-salutaire effet moral.

Les appareils télégraphiques étaient à cadran et d'un maniement facile pour tous les agents chargés de les faire fonctionner.

Remplissage de la chambre de travail.

Le béton fut fabriqué dans la chambre de travail à une profondeur sous l'eau qui varia de 31m,40 à 33m,70. La surface était de 283 mètres carrés, le cube fut d'environ 1.000 mètres cubes. Le remplissage s'effectua en cinquante-trois jours, du 2 mars au 27 mai 1870.

Le caisson fut arrêté aussitôt qu'il toucha le roc. C'était à l'angle Sud-Ouest. L'épaisseur de sable restante était alors de 0m,41 à l'angle opposé, et de 0m,20 seulement aux angles Nord-Ouest et Sud-Est. On dégagea tout le pourtour : la pression de l'air intérieur était suffisante pour que l'eau ne s'infiltrât pas par-dessous le caisson en quantité plus grande que les pompes ne pouvaient en épuiser. On commença par garnir soigneusement de béton tout le vide qui existait entre l'enceinte extérieure du caisson et le rocher, ainsi que sous les deux grandes cloisons intérieures. Puis on nettoya la surface du rocher et on posa le béton dessus par couches successives de 0m,20 à 0m,25. Les dernières couches sous le toit furent fortement bourrées. On remplit de même les écluses à air et enfin les puits.

Pression de l'air dans la chambre de travail.

Tant que le caisson n'était engagé que de quelques pieds dans le sable, l'air refoulé s'ouvrait un chemin par les côtés en un ou deux courants d'un fort volume. Mais à mesure qu'il s'enfonça, le passage de l'air à travers le sable devenant plus difficile, on vit l'air sortir en bulles à 20 mètres de distance, et l'eau se tint à l'intérieur à un niveau inférieur au bord du caisson. La dénivellation ne dépassa jamais $0^m,25$. Le sable qui formait le sol de la chambre était ordinairement de 1 à 2 pieds plus élevé que le bord du caisson et entièrement purgé d'eau. La plus forte pression marquée par les manomètres a été de $3^a,53$; dans dans la chambre elle n'a jamais dû excéder $3^a,4$ à $3^a,45$, la différence étant due en grande partie au frottement de l'air dans les tuyaux de conduite.

Effets de l'air comprimé sur les hommes.

Tous les ingénieurs savent que le premier effet de la compression de l'air extérieur se manifeste par une sensation désagréable dans une oreille ou dans les deux, sensation qui dure jusqu'à ce que l'air se soit introduit à la même pression dans les trompes d'Eustache, qui s'étendent de l'arrière-bouche aux cavités osseuses sur lesquelles est tendu le tympan. L'action d'aspirer l'air facilite son passage à travers les trompes. Un moyen plus puissant, dont nous avons fait l'épreuve sur le conseil d'un ouvrier quand nous descendîmes dans le caisson de Brooklyn, consiste à se boucher les narines avec le pouce et l'index en fermant hermétiquement les lèvres et enflant fortement les joues : il est clair qu'on distend ainsi les trompes d'Eustache. C'est un procédé à employer à plusieurs reprises, surtout si l'introduction de l'air comprimé s'opère rapidement. Dans le changement inverse il n'y a rien à faire, attendu que l'air comprimé qui remplit les trompes, par cela même qu'il les dilate, facilite l'évacuation. Il arrive quelquefois que, les trompes se trouvant dans quelque état anormal, enflammées par exemple par un rhume de cerveau, les deux moyens indiqués ci-dessus sont également inefficaces pour alléger la douleur, et, si l'on continuait d'admettre l'air comprimé dans l'écluse, on pourrait provoquer la rupture du tympan. En pareil cas, les agents de l'écluse à air, au pont de Saint-Louis, avaient ordre de suspendre l'introduction de l'air. On a quelquefois mis quinze minutes à introduire pour la première fois certaines personnes qui purent passer ensuite en cinq minutes sans presque éprouver de gêne.

Quand on atteignit la profondeur de 18 mètres à la pile de l'Est, quelques

ouvriers furent affectés d'une paralysie musculaire des membres inférieurs ; elle était rarement accompagnée de douleur et ordinairement se dissipait dans le cours d'un jour ou deux. A mesure que l'enfoncement avança, la paralysie devint plus difficile à guérir ; dans quelques cas elle atteignit les bras et même les intestins ; les articulations furent douloureusement atteintes dans certains cas très-graves. En moyenne, neuf sur dix de ceux qui furent indisposés n'éprouvèrent pas de douleur réelle, se rétablirent bientôt et en général retournèrent au travail.

La durée des relais dans la chambre de travail fut graduellement réduite de quatre heures à trois, puis à deux et finalement à une seule.

Dans l'opinion de l'ingénieur des travaux, des chefs d'atelier et des ouvriers, l'usage de bandes ou bracelets galvaniques était un préservatif puissant contre les attaques de paralysie : tous finirent par en être pourvus. Ces bandes étaient faites de pièces alternatives de zinc et d'argent ; on les portait autour des poignets, des bras, des chevilles, de la taille, et même sur la plante des pieds. La transpiration fournissait assez de moiteur et d'acide pour produire un courant électrique. La croyance à l'efficacité de ces objets était si générale que M. Eads est porté à leur attribuer une valeur réelle.

Le nombre total des hommes employés dans la chambre de travail a été de 352. Trente furent sérieusement malades ; douze succombèrent. Presque tous ceux-ci étaient des hommes inaccoutumés au travail ; plusieurs d'entre eux n'avaient travaillé que deux heures. Par contre, la moitié peut-être des hommes qu'on employa travaillèrent depuis le commencement jusqu'à la fin sans éprouver de gêne. Un tableau d'honneur, annexé au rapport de l'ingénieur en chef, porte les noms de tous les ouvriers qui travaillaient sous le caisson au moment où il atteignit le rocher.

Quelques médecins attribuent le danger à la rapidité de l'introduction de l'air comprimé dans l'écluse, d'autres à la rapidité de l'échappement. M. Eads rejette l'une et l'autre opinion en se fondant surtout sur ce que les agents chargés de la manœuvre des écluses, et qui n'en souffraient jamais, passaient en cinq minutes, et plusieurs fois dans le cours de deux heures, d'un état à l'autre. L'air a quelquefois été lâché si vite que la température descendait à zéro (32° du ther-

momètre Fahrenheit) dans l'intérieur de l'écluse. Des milliers de personnes sont impunément descendues dans le caisson, y compris plusieurs dames de complexion délicate. Aucun cas de quelque gravité ne s'est produit chez les ouvriers après que les relais eurent été réduits à une heure, tandis que le médecin principal, étant un jour resté deux heures trois quarts dans la chambre de travail à une profondeur de 28 mètres, fut dangereusement attaqué en rentrant chez lui. De ces faits divers M. Eads conclut que le danger réside dans une durée trop prolongée du séjour dans l'air comprimé, et qu'en réduisant cette durée à moins d'une heure, on pourrait travailler à plus de 33 mètres sous l'eau.

3° PILE DE L'OUEST.

L'enfoncement de la pile de l'Ouest commença le 15 janvier 1869, jour où la première pierre fut posée sur le caisson, douze semaines plus tard que celui de la pile de l'Est, ce qui permit d'utiliser l'expérience acquise. Dans la pile de l'Est on n'avait pas obtenu des puits étanches malgré un revêtement en briques de $0^m,55$ d'épaisseur dans le puits central et de $0^m,33$ dans les six autres, — malgré la forte épaisseur de maçonnerie hydraulique formant le corps de la pile, enfin malgré la chemise extérieure en tôle rivée. Pour la pile de l'Ouest, on réduisit d'abord la hauteur totale de cette chemise hexagonale à $8^m,85$, y compris le caisson proprement dit, ce qui ne faisait plus que $6^m,10$ en contre-haut du toit de la chambre de travail. Puis on revêtit intérieurement le puits en douves de sapin ayant 76 millimètres d'épaisseur dans le puits central, qui a $3^m,05$ de diamètre, et 62 millimètres dans les autres, qui ont $1^m,45$. Ce cuvelage étanche permit de réaliser une économie de 50.000 francs sur la chemise en tôle. On reconnut cependant que les douves inférieures étaient trop faibles pour résister à la crue du printemps : on le reconnut à temps, et on put les consolider par des cercles intérieurs en fer.

Tout eût été à merveille pour la pile de l'Ouest si les fournisseurs de granite n'eussent, comme nous l'avons déjà dit, manqué à leurs engagements. S'il ne se fût agi que d'achever les deux piles économiquement, il fallait en suspendre l'enfoncement jusqu'à l'arrivée des pierres. Mais il y avait en jeu un intérêt bien autrement grave : il était unanimement admis que toute tentative pour placer

les obligations de la Compagnie serait vaine tant que l'on n'aurait pas démontré catégoriquement la possibilité de fonder les deux piles sur le rocher même, à travers les profondeurs inusitées d'eau et de sable qui le recouvraient. Il fallait donc marcher quand même. On fit pour la pile de l'Ouest comme pour l'autre : on lui attacha, comme une ceinture, un bâtardeau supérieur qui devait suivre le mouvement de descente du caisson. Mais on fut moins heureux ici qu'à la pile de l'Est. On n'était plus qu'à $0^m,23$ du roc quand l'extrémité Sud du bâtardeau, retenue par le frottement du sable (qui s'élevait alors presque jusqu'à la surface de l'eau), resta suspendue en retenant elle-même les assises supérieures de la maçonnerie, auxquelles on l'avait ancrée. Ce contre-temps fut réparé ; mais M. Eads estime que le retard apporté à la livraison du granite a causé à la Compagnie un préjudice de 250.000 francs au moins.

4° CULÉE DE L'EST.

Le projet de 1868 supposait que la culée de l'Est serait fondée non pas sur le rocher, mais simplement sur des pieux battus à $15^m,25$ en contre-bas de l'étiage et qu'on protégerait par des enrochements à pierres perdues. Dès que l'expérience de la pile de l'Est eut convaincu le comité de direction de la possibilité de descendre le dernier ouvrage comme les autres jusqu'au roc, il désira unanimement le faire, tout en sachant que ce changement de disposition entraînerait une augmentation de dépense d'environ 875.000 francs. Le cube de maçonnerie à ajouter en contre-bas de la tête des pieux du projet primitif n'est pas inférieur à 7.500 mètres cubes ; le cube total atteindra 17.000 mètres cubes. Le massif aura 60 mètres de hauteur depuis le rocher jusqu'au-dessus de la corniche.

Le caisson se construisait au mois de septembre à Carondelet, à 10 kilomètres en aval de Saint-Louis. Il devait couvrir sur le roc une surface de 465 mètres cubes, soit $\frac{1}{7}$ en plus que le caisson de la pile de l'Est. On projetait d'ailleurs plusieurs modifications importantes qui se résumaient ainsi qu'il suit :

1° Nombre et diamètre des puits et des écluses à air.

Le puits central, qui aura $3^m,05$ de diamètre, aboutira à deux écluses à air de $2^m,44$ de diamètre au lieu d'une seule de $1^m,83$. Par contre les six puits accessoires seront réduits à deux qui n'auront que $1^m,22$ de diamètre au lieu de

1m,45 et aboutiront chacun à une écluse à air de 2m,44 au lieu de 1m,45. Ces écluses à air de 2m,44 vaudront mieux pour les ouvriers qui passent quelquefois au nombre de douze ou quatorze à la fois. De plus elles permettraient, dans un moment critique, aux hommes employés dans la chambre de travail de sortir tous à la fois.

2° Position des écluses.

Les trois écluses seront entièrement en contre-bas du plafond de la chambre de travail. Comme elles occupent un espace d'environ 51 mètres carrés, ce sera autant de moins à remplir dans l'air comprimé.

3° Ascenseur.

Pour épargner aux ouvriers (qui éprouvent fréquemment un accablement profond au moment où on les relève de leur travail) la peine de monter un escalier circulaire de 37 mètres environ de hauteur, il y aura un ascenseur installé indépendamment de l'escalier.

4° Caisson en bois et tôle.

On substitue en grande partie le bois au fer pour le caisson. On forme celui-ci d'un plafond qui a 1m,47 d'épaisseur et d'une muraille d'enceinte ayant une épaisseur de 0m,45 au pied et 2m,60 au niveau du toit : le tout massif, en grosses pièces de chêne blanc fortement chevillées et boulonnées. Les deux cloisons longitudinales en charpente sont conservées, mais avec une plus forte épaisseur et un surplomb latéral que présentera aussi la muraille d'enceinte : l'épaisseur est de 1m,06 au pied et de 3m,05 en haut. Les cloisons auront 22m,26 de longueur.

Le caisson massif en bois n'aura rien à emprunter à l'enveloppe métallique au point de vue de la rigidité. Si M. Eads n'a pas adopté pour les deux piles cette assiette rigide sur laquelle on fonde habituellement les ponts suspendus et les ponts à poutres droites, c'est parce qu'il a craint les oscillations d'une matière élastique telle que le bois sous les charges parfois inégales de deux travées consécutives dans un pont en arcs. La culée, contre-butée comme elle le sera, et n'étant pressée que d'un seul côté, n'a aucun danger de ce genre à redouter.

La tôle n'intervient plus que comme revêtement extérieur, pour prévenir les fuites de l'air comprimé : on couvre le plafond et la muraille d'enceinte d'une plaque de 10 millimètres d'épaisseur. De plus, on ajoute sur la partie inférieure des côtés d'autres plaques qui portent l'épaisseur totale à 76 millimètres : ce sera là le bord tranchant du caisson, il descend à 0m,25 en contre-bas de la

muraille de bois. On consolide encore par des cornières verticales et extérieures cette enveloppe que des boulons relient au bois du caisson. Enfin la tôle se prolonge en dessus du caisson, mais seulement sur 3^{m},66 de hauteur. Passé ce niveau, la maçonnerie n'aura plus d'enveloppe extérieure ; les trois puits seront rendus étanches à l'aide de cuvelages en pin blanc.

5° Remplissage de la chambre de travail.

Une autre modification, à laquelle M. Eads attache beaucoup de prix, consistera à substituer le sable au béton pour le remplissage de la presque totalité de la chambre de travail. On garnira de béton, comme on l'a fait pour les caissons des piles, le vide compris entre le roc et le dessous de la muraille d'enceinte ; mais on laissera intact le sable existant sous les deux cloisons. Après avoir enlevé de la chambre tous les outils, on laissera échapper l'air comprimé et entrer l'eau ; puis on versera du sable par dix-neuf tuyaux de 0^{m},10 à 0^{m},15 de diamètre, traversant le plafond du caisson ainsi que la maçonnerie, et ayant servi, dans le cours du fonçage, au passage des conduites d'air, d'eau et de sable. La porte de l'une des écluses à air, prémunie contre l'obstruction du sable, permettra de faire descendre des ouvriers deux ou trois fois, après la réintroduction de l'air comprimé, dans la chambre où ils procéderont au nivellement du sable déjà versé. Finalement, il n'y aura plus qu'une mince couche de béton à bourrer sous le toit.

M. Eads s'applaudissait non-seulement de l'économie à réaliser par cette substitution du sable au béton, mais aussi et surtout de la réduction ainsi apportée au travail manuel à exécuter dans un air aussi fortement comprimé : cette réduction serait, suivant lui, des $\frac{4}{5}$. On ne peut méconnaître l'importance d'un pareil résultat. Mais, bien que les dix-neuf tuyaux doivent être élargis sur 1^{m},52 de longueur à leur partie inférieure, que le sable se tasse très-bien dans l'eau, et que l'introduction de quelques hommes puisse corriger des inégalités de répandage, nous ne sommes pas convaincu qu'on arrive ainsi à remplir tous les vides et à obtenir un massif de sable aussi compact et aussi inébranlable que le serait un massif de béton posé à la main.

Éclairage du caisson.

Dans les caissons des deux piles on a éclairé avec des chandelles et des lampes à huile ; mais on n'a autorisé l'emploi de l'huile qu'à une profondeur excédant 80 pieds (24^{m},40). Deux faits très-intéressants résultent des observa-

tions faites : la décomposition des hydrogènes carbonés s'opère très-vite dans l'air comprimé, mais la flamme éclaire peu ; le carbone se volatilise en parcelles qui, sans brûler ni devenir incandescentes, se répandent dans l'atmosphère, où elles sont fort incommodes. A 100 pieds (30 mètres) de profondeur, une chandelle met à brûler les $\frac{3}{5}$ du temps qu'elle mettrait à l'air libre. A 80 pieds, si l'on éteint la flamme en soufflant dessus, elle se rallume immédiatement. A 33^{m},10, M. Eads en a éteint une douze fois de suite dans le cours d'une demi-minute, et ce n'est qu'à la treizième fois que l'extinction a été définitive. Tant qu'un point de la mèche restait en ignition, la flamme reparaissait. Aussi l'on redoute beaucoup pour les ouvriers le contact des chandelles avec l'huile qui peut se répandre accidentellement sur leurs vêtements. Voilà pourquoi les lampes n'ont été autorisées que quand on n'a plus pu s'en passer.

On ne réussissait à purger l'atmosphère remplie de charbon qu'en projetant de l'eau sous forme de rosée. On obtint quelque amélioration en tenant les chandelles sous un entonnoir renversé, communiquant avec un des puits par un petit tuyau à travers lequel l'échappement de l'air comprimé était réglé par un robinet.

L'éclairage au calcium eût été, dans l'opinion de M. Eads, la meilleure solution sans la dépense qu'il estimait à 25.000 francs pour les cent cinquante jours que devait durer l'enfoncement du caisson de la culée de l'Est. Il pensait pouvoir atteindre le même but par un procédé coûtant cinq fois moins. Voici ce qu'il en disait.

Chaque chandelle sera isolée dans un globe de verre analogue à ceux qu'on emploie dans les wagons de chemin de fer, le verre étant assez fort pour supporter la pression extérieure de l'air comprimé. La cheminée consistera en un tuyau de 25 millimètres de diamètre communiquant avec l'un des puits. La chandelle brûlera conséquemment sous la pression normale de l'air. Quand on aura besoin de renouveler la chandelle ou de nettoyer le verre, on introduira l'air comprimé dans le globe après avoir fermé, à l'aide d'un robinet, le tuyau d'évacuation.

C. MACHINE A ESSAYER LES MATÉRIAUX.

M. Flad nous a montré et expliqué un appareil, dont il est le principal inventeur, et qui permet de mesurer avec une précision extraordinaire les modifications produites sur la longueur d'un échantillon de métal, de bois ou de pierre par des efforts de compression ou d'extension. Nous allons indiquer en quoi consiste essentiellement cet appareil.

L'échantillon, placé horizontalement, est soutenu par deux colliers de bronze C^1, C^2, qui y sont adaptés chacun à l'aide de trois vis. Il s'agit de constater la longueur dont le collier C^1 s'éloigne ou se rapproche du collier C^2 sous un effort d'extension ou de compression. A cet effet, le collier C^1 porte une petite plaque verticale contre laquelle s'applique un petit cylindre également vertical O. Ce cylindre est fixé, par l'intermédiaire d'un ressort, à l'extrémité libre d'une tige horizontale fixée elle-même par son autre bout au collier C^2 : la tige maintient en l'air le cylindre O et le presse contre la plaque. Quand le collier C^1 fait un mouvement, le cylindre tourne en décrivant un angle tel que l'arc correspondant est égal à l'allongement ou au raccourcissement de l'échantillon.

Ce cylindre porte sur sa base supérieure un miroir, vertical comme lui, et tournant avec lui autour d'une verticale qui est le prolongement de l'axe du cylindre. De ce même axe comme centre et avec un rayon de 25 pieds ($7^m.62$), mille fois plus grand que celui du cylindre, on a décrit un arc de cercle qui est divisé en pouces et subdivisé en dixièmes et centièmes de pouce. Ces divisions sont éclairées au gaz. Une lunette extérieure et fixe, disposée horizontalement, fait apercevoir successivement dans le miroir deux divisions n^1 et n^2. Il est aisé de reconnaître que l'angle $n^1 on^2$ est égal au double de l'angle que forment les deux positions successives du miroir. La longueur cherchée est donc égale à $\frac{1}{2.000}$ de l'arc $n^1 n^2$, et on l'obtient ainsi à $\frac{1}{200.000}$ de pouce près. — On substitue d'ailleurs, pour plus de commodité, à l'arc de cercle horizontal les traces de plans verticaux passant par le centre et se prolongeant jusqu'à la muraille.

Une presse hydraulique dont le piston est horizontal sert à produire l'effort d'épreuve. Si c'est une tension qu'on veut exercer, l'échantillon est placé entre

l'extrémité du bras d'un levier et une tige qui prolonge le piston à travers la base antérieure du cylindre : le piston tire dans un sens tandis que le levier retient. Quand on veut mesurer un effort de compression, l'appareil se complique un peu. Le piston, traversant la base postérieure du cylindre, comprime l'échantillon qui s'appuie par l'autre bout sur un plateau vertical G. Quatre tiges de fer relient ce plateau G à un autre G′ fixé contre le même bras de levier qui sert à mesurer les tensions. On conçoit qu'avec cette disposition l'effort d'épreuve s'exerce à la fois sur l'échantillon et sur les quatre grandes tiges de jonction des plateaux G et G′ ; de là la nécessité d'une correction à faire, d'un allongement spécial à mesurer, ce que l'on fait à l'aide d'un second miroir.

Nous venons de dire qu'un levier, un même levier, figure dans la double expérience des extensions et des compressions. Il est tout aussi important de constater avec exactitude l'effort exercé que la déformation produite. Les ingénieurs du pont de Saint-Louis n'avaient aucune confiance dans les instruments ordinaires de mesurage à mercure ou à ressorts pour des efforts aussi considérables ; ils voulurent tout évaluer au moyen de la balance. M. Flad résolut ce problème par un système de leviers oscillant sur des couteaux en acier trempé, assez forts pour résister à un effort de 100 tonnes et assez sensibles en même temps pour que le poids d'un crayon fasse pencher la balance. Un poids d'une livre placé dans la balance équivaut à un effort de 2.000 livres exercé sur l'échantillon.

Parmi de nombreux résulats d'expériences, qui ont été enregistrés avec soin, on remarque ceux qui concernent la pierre de Grafton, avec laquelle doivent être faites toutes les maçonneries de remplissage. Cette pierre est un calcaire magnésien qui, dans plusieurs essais à la machine, a résisté à un effort de 17.000 livres par pouce carré (12 kilogrammes par millimètre carré), résistance égale à celle du granite. Le module d'élasticité de cette pierre est à peu près le même que celui du fer forgé : un poids donné, placé sur une colonne de fer forgé et sur une colonne de pierre de Grafton, produit un raccourcissement égal dans les deux cas, et le poids sous lequel la pierre s'écrase n'est pas de beaucoup inférieur à celui sous lequel le fer, la limite d'élasticité étant dépassée, se

raccourcit sans possibilité de retour à ses dimensions premières. Une colonnette de cette pierre, ayant $0^m,05$ de diamètre et $0^m,20$ de longueur, fut raccourcie de près d'un quart de pouce ($6^{mm},3$) sans qu'elle se brisât, et quand la compression cessa, l'échantillon reprit sa longueur primitive.

III. — PONT DE LA RIVIÈRE DE L'EST (NEW-YORK).

A. CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT.

La ville de Brooklyn, bâtie à l'extrémité occidentale de Long-Island (la longue île), est séparée de la ville de New-York par un bras de mer qui a 1 kilomètre environ de largeur et qu'on appelle la Rivière de l'Est. Un pont qui réunira ces deux villes se construit en ce moment. C'est un ouvrage d'une importance exceptionnelle, même pour l'Amérique, au double point de vue de la circulation qu'il doit desservir et des difficultés techniques du programme auquel il doit satisfaire.

Programme économique.

Les recensements décennaux arrêtés au 1er juin des années 1860 et 1870 ont donné les chiffres suivants pour la population des deux villes :

	1860.	1870.
New-York.	813.669	926.341
Brooklyn.	266.661	396.661
	1.080.330	1.323.002

Des bacs à vapeur (*ferry-boats*) transportent annuellement plus de 40 millions de voyageurs d'une ville à l'autre. On fait en général payer 2 cents par tête. Suivant que l'on percevrait sur un pont à péage de 1 à 5 cents, la recette serait de 400.000 à 2.000.000 de dollars. M. John A. Roebling, qui avait étudié l'affaire pour le compte de la Compagnie concessionnaire, ne doutait pas que le nombre des voyageurs dût s'élever immédiatement de 40 millions à 80 et qu'on pût leur demander 5 cents au lieu de 2, quand, au lieu de se rendre d'abord par des omnibus à l'embarcadère des ferry-boats, ils n'auront qu'à monter dans des wagons confortables, au centre même du quartier commerçant de New-York, pour se trouver transportés en cinq minutes au centre de Brooklyn. — On ne réduira d'ailleurs ainsi que partiellement la clientèle actuelle des ferry-boats,

ceux-ci continuant à desservir le voisinage immédiat de la rivière. En les empêchant de se multiplier pour répondre à des besoins croissants, on préviendra un encombrement chaque jour plus gênant pour la circulation des navires. En détournant vers Long-Island une partie de l'énorme courant des habitants qui vont chaque jour, après l'heure du travail et des affaires, chercher leur domicile au nord de New-York, on empêchera que le nombre toujours plus grand des omnibus sur rails ne finisse par rendre la circulation impossible dans les rues de la ville. (Ces omnibus seuls transportent plus de 100 millions de voyageurs par an.)

Telle est la destination principale du pont de la Rivière de l'Est. Une grande trouée le prolongera dans New-York jusqu'à la place de l'Hôtel-de-Ville. En y comprenant deux viaducs d'accès, l'un de 439^{m},50 et l'autre de 287 mètres, il aura une longueur totale de 1788 mètres. Deux voies de fer permettront la circulation de wagons à voyageurs remorqués à l'aide de câbles et de machines fixes. Dans les prévisions de l'auteur du projet, prévisions qui vont se traduire en faits sous la direction de son fils, M. Washington Roebling, chaque train comprendra dix wagons. Ces wagons, divisés chacun en huit compartiments transversaux (comme les wagons français), longs de 15^{m},25 et larges de 3^{m},50, pourront contenir environ cent voyageurs par wagon ou mille pour le train entier. Avec des portes à coulisses que deux treuils permettront de manœuvrer simultanément des extrémités du wagon, les voyageurs arrivés descendant d'un côté tandis que ceux qui partent monteront de l'autre, le stationnement du train peut être réduit (suivant M. Roebling) à une minute. Le trajet en demanderait trois, ce qui ferait cinq pour la durée totale du transport. — On était encore en 1867, aux États-Unis, sous l'empire de préoccupations belliqueuses ; l'affaire de l'*Alabama* (qui se termine à peine en 1871) agitait déjà l'opinion publique. M. Roebling suppose Long-Island envahie et Brooklyn menacé par l'ennemi. Avec des trains parcourant toutes les cinq minutes les deux voies du pont de la Rivière de l'Est on pourrait (disait-il) faire passer 24.000 hommes par heure ; et, en utilisant concurremment trois autres zones du pont dont nous parlerons ci-après, on transporterait d'une rive à l'autre en un jour un demi-million d'hommes environ avec l'artillerie et les bagages. — Un fait que M. Roebling cite à ce propos, c'est que

le second jour de l'ouverture du pont suspendu de Cincinnati, qui a 11 mètres seulement de largeur, 75.000 personnes passèrent dans un espace de huit heures; il ajoute que ce nombre eût été facilement triplé avec des voyageurs se portant dans le même sens et ne s'arrêtant pas comme le firent ce jour-là des promeneurs avides de contempler sous un aspect nouveau les rives pittoresques de l'Ohio.

De chaque côté des voies de fer parcourues par des trains, le pont de la Rivière de l'Est en aura deux autres (quatre en tout) munies de rails plats pour des omnibus à traction de chevaux et librement accessibles d'ailleurs aux voitures ordinaires. Il y aura enfin dans l'axe du pont, entre les deux voies principales et à 3 mètres plus haut, une sorte de passerelle ou promenoir de 3 mètres de largeur qui, dans l'opinion de M. Roebling, sera très-fréquentée à raison de l'air pur et de l'incomparable panorama qu'on y viendra chercher. Cette promenade et les quatre voies charretières accessoires produiront des revenus importants en sus de ceux qu'on attend du service des wagons remorqués.

Enfin on compte établir une rue latérale au sud dans la cité de New-York et louer pour des bureaux ou des magasins le dessous des arcades du viaduc.

La largeur entière du pont à construire s'est trouvée ainsi fixée à 25^{m},93.

Programme technique.

Les deux rives de New-York et de Brooklyn présentent de nombreuses jetées qui s'avancent en rivière et qui, généralement couvertes, servent de quais pour l'embarquement et le débarquement des voyageurs et des marchandises. Les navires stationnent contre ces quais, dans les cases ou bassins intermédiaires. Des alignements ont été assez récemment fixés pour délimiter le chenal réservé à la circulation des navires et sur lequel les jetées ne doivent pas empiéter. La première condition imposée en 1867 à la Compagnie du pont de la Rivière de l'Est par la législature de l'État de New-York fut que le pont n'aurait aucun point d'appui placé dans le chenal même. Le projet dut par suite comprendre une travée centrale de 1.600 pieds (448 mètres), travée double de celle que M. Roebling avait construite en 1855 sur le Niagara. Par ordre du Congrès, ce projet fut soumis aux ingénieurs du service des rivières et des ports; ils devaient examiner non-seulement s'il ne compromettait pas les intérêts de la navigation, mais encore s'il était exécutable

en lui-même. Sur leur avis, le débouché de 1.600 pieds dut être compté au niveau non des basses eaux, mais du fond de la rivière, ce qui porta à 493 mètres l'ouverture mesurée entre les points de suspension. De plus, pour ménager une hauteur libre de 135 pieds (41^{m},17) entre les hautes mers et le dessous du tablier (au centre de la travée), on fit relever ce tablier de cinq pieds : relèvement onéreux pour la Compagnie à raison de la limite d'inclinaison qu'on ne voulait pas dépasser pour la rampe d'accès du côté de New-York.

On pouvait reculer devant la nécessité de faire une travée de 493 mètres, indépendamment de deux autres travées latérales de 287 mètres. Au lieu de franchir la Rivière de l'Est par-dessus, n'était-il pas possible de la traverser par-dessous? — Le temps viendra, disait M. John Roebling, où, moyennant une dépense énorme, on établira sous la rivière des tunnels affectés au transport spécial des marchandises. Immerger des tubes de fer, comme on l'a proposé, ne serait qu'une solution temporaire, car ces tubes seraient détruits en peu d'années par l'action combinée des marées et de la rouille. On peut au contraire établir des tunnels permanents en maçonnerie : on en établira quand la population aura décuplé et que l'on pourra se procurer de l'argent à 2 $\frac{1}{2}$ pour 100.

Pour le moment on s'en tient au pont suspendu dont nous avons déjà parlé dans l'article consacré à cette sorte de ponts. Nous n'entrerons pas dans de nouveaux détails sur la superstructure, attendu qu'elle n'existe encore qu'à l'état de projet, et que les dessins d'exécution ne paraissent pas être encore définitivement arrêtés.

B. FONDATION DES PILES.

1° PILE DE BROOKLYN.

Les deux piles, surmontées de tours, doivent s'élever à 84^{m},80 au-dessus des hautes mers. A raison de cette grande hauteur et de leur position isolée, ce sont de véritables monuments dans lesquels l'architecture proprement dite pourra utilement intervenir. Mais avant tout il s'agit d'en établir les fondations qui, en sus du poids de la maçonnerie, auront à supporter une pression verticale de près de 4.000 tonnes. Cette partie des travaux a donc une importance capitale. Indications générales.

— Le fonçage de l'immense caisson qui forme la base de la pile dite de Brooklyn a été opéré dans l'intervalle du mois de juin au mois de décembre 1870. Nous y sommes descendus le 26 septembre avec M. Washington Roebling. Cet ingénieur avait mis à notre disposition tous les dessins de son bureau. C'est de lui que nous tenons presque tous les renseignements qui suivent ; quelques-uns sont empruntés à une communication faite par M. F. Collingwood, directeur-adjoint des travaux, à la Société américaine des ingénieurs civils.

Nature du terrain. On ne rencontre pas au fond de la Rivière de l'Est la profonde couche de sable fin et mouvant qu'on a jugé prudent de traverser tout entière à Omaha et à Saint-Louis. On trouve également ici un sous-sol rocheux (du gneiss) ; on le trouve à 25 mètres en contre-bas de la basse mer ; mais les couches supérieures, qui ne sont d'abord que de la vase et du sable, recouvrent des lits plus compactes d'une argile sableuse dans laquelle sont empâtés des blocs de trapp. Dès qu'on dépasse 15 à 18 mètres de profondeur, le terrain est assez dur pour que les trous de sondage s'y maintiennent pendant plusieurs semaines sans qu'on les tube. On présumait qu'on pourrait fonder la pile de Brooklyn à 60 pieds environ (18 mètres).

Plateau de fondation. A Omaha, nous avions vu enfoncer des tubes de $2^m,60$ de diamètre seulement ; à Saint-Louis, le caisson de fondation atteignait déjà 25 mètres de longueur (parallèlement à l'axe de la rivière) et $18^m,50$ de largeur ; à Brooklyn, le caisson a $52^m,46$ de longueur et $31^m,11$ de largeur à la base, soit plus de 16 ares de superficie ! Sur une étendue pareille on ne devait pas s'attendre à rencontrer un sol homogène et également résistant. Voulant cependant avoir sous la maçonnerie une assiette parfaitement rigide, on la forma d'un plateau de bois massif, idée qui s'alliait naturellement à celle d'un caisson renversé sous lequel on déblayerait à l'aide de l'air comprimé, pour le faire descendre à la profondeur voulue.

M. J. Roebling, auteur du projet, ne redoutait pour cette assise fondamentale ni la pourriture, car les bois devaient rester constamment plongés dans l'eau, ni les tarets, car les bois devaient demeurer en contre-bas du fond de la rivière, empâtés dans le sable ou la vase. Comme ces plateaux sont d'un grand usage en Amérique pour les fondations de ponts, nous nous arrêterons un peu sur ce point ci-après.

Caisson Nous avons dit qu'on se proposait de substituer le bois à la tôle pour le troi-

sième et dernier caisson de Saint-Louis. Cette idée a reçu déjà son application au caisson de Brooklyn.

Le caisson proprement dit avait originairement $4^m,42$ de hauteur totale, savoir : $2^m,90$ pour la chambre de travail et $1^m,52$ pour l'épaisseur normale du plafond. La muraille d'enceinte de la chambre de travail présente en section verticale la forme d'un V ; elle a $2^m,52$ d'épaisseur à sa jonction avec le plafond et un fruit extérieur d'un dixième. Elle est de bois massif comme le plafond, c'est-à-dire formée de pièces de bois de $0^m,30$ d'équarrissage juxtaposées et superposées. Pour rendre le tout imperméable à l'eau et à l'air, on a garni les joints de goudron végétal et intercalé horizontalement dans le plafond, entre les deux lits supérieurs (le 4e et le 5e), une feuille de fer-blanc que l'on a rabattue sur les flancs du caisson en l'y protégeant par un revêtement en pin jaune. Enfin comme l'air, sous une pression de trois atmosphères, eût passé à travers le bois, on a enduit intérieurement la chambre de travail d'un vernis. —Jusqu'au mois de septembre, l'étanchéité ainsi obtenue avait été très-suffisante.

Les poutres constitutives du plafond et du plateau de $5^m,50$ qui le surmonte forment des lits superposés et croisés à angle droit. Elles sont jointives sur $1^m,52$ de hauteur, puis séparées par des vides de 10 à 12 centimètres qu'on a garnis de béton. Elles sont enfin reliées par plusieurs milliers de boulons verticaux. Ces boulons ont généralement $0^m,80$ de longueur et 22 millimètres de diamètre ; mais la longueur va jusqu'à $2^m,13$ et le diamètre jusqu'à 38 millimètres ; ils traversent conséquemment plusieurs cours de poutres. On les avait d'abord disposés en lignes perpendiculaires à la longueur des poutres et à peu près dans l'axe de chaque pièce ; mais, les poutres n'ayant pas toutes exactement $0^m,30$ de largeur, on s'aperçut qu'on s'exposait ainsi à de nombreuses et fâcheuses rencontres de boulons. Pour obvier à cet inconvénient, on prit le parti de placer les boulons dans des plans verticaux obliques et parallèles. On a reconnu que, pour bien fixer les bois, il fallait que chaque pièce reçût au moins un boulon tous les 4 pieds ($1^m,22$). — La plupart de ces boulons étaient de simples tiges de fer légèrement aplaties à l'extrémité inférieure par un martelage opéré à froid : disposition qui, tout en facilitant l'enfoncement, ajoute beaucoup à la tenue du boulon. D'ailleurs les trous qu'on creusait préalablement étaient d'un moindre diamètre que les bou-

lons : ils n'avaient que $20^{mm},6$ dans la moitié supérieure et 19 millimètres dans la moitié inférieure au lieu de $22^{mm},2$. On évitait ainsi d'avoir entre le fer et le bois des vides qui eussent pu livrer passage à l'eau ou à l'air. Pour assurer l'étanchéité des boulons *filetés*, on plaçait sous la tête et sous l'écrou des rondelles de caoutchouc et des rondelles de tôle légèrement concaves.

La longrine qui forme le pied de la muraille d'enceinte est une très-forte pièce de chêne. On a boulonné par-dessous un sabot en fonte et enveloppé le tout d'une feuille de tôle qui se relève de part et d'autre, sur les deux parements de la muraille, jusqu'à $0^{m},90$ de hauteur. Cette feuille constituait le bord coupant du caisson.

Cloisons de la chambre de travail.

Nous avions vu déjà à Saint-Louis la chambre de travail divisée en trois parties par deux cloisons en charpente, deux cloisons pleines avec une ouverture qui permet de communiquer d'un côté à l'autre. Il y a cinq de ces cloisons à Brooklyn, où elles sont formées de cadres en sapin avec un double revêtement en madriers de $0^{m},07$ d'épaisseur. Ces cloisons ont, comme nous l'avons dit, le double avantage de soutenir le plafond et de soulager la muraille d'enceinte. Ceci était surtout précieux à Brooklyn à cause de la marée (qui varie de $1^{m},50$ à $2^{m},20$) : car si le caisson est tenu en équilibre par la sous-pression de la haute mer, il pèsera sur sa base de plus de 3.000 tonnes à basse mer. Un autre avantage, en vue duquel le nombre des cloisons a été réglé, c'est qu'elles facilitent la mise à l'eau du caisson, cette opération s'exécutant à l'aide de sept glissières sur lesquelles on a voulu limiter la pression à $2^{k},7$ par centimètre carré.

Puits.

Il y a six puits qui mettent en communication la chambre de travail avec l'extérieur, non compris un certain nombre de petits tuyaux qui traversent également le plafond et sont affectés à des objets divers. Ces six puits sont placés sur une ligne parallèle à l'axe de la rivière.

Puits d'extraction des déblais.

Les deux puits extrêmes sont de grandes ouvertures rectangulaires de $2^{m},13$ sur 2^{m}, des cheminées formées de plaques de tôle de 10 millimètres d'épaisseur, qui se prolongent inférieurement jusqu'à $0^{m},50$ en contre-bas des bords du caisson et supérieurement jusqu'à un niveau d'où l'on peut évacuer au dehors les déblais qui s'extrayent par là. Ils débouchent en haut à l'air libre et en bas dans une excavation remplie d'eau de façon que l'air comprimé ne puisse s'échapper

par cette voie : on les appelle *Water Shafts* (puits hydrauliques). Dans chacun d'eux fonctionne un appareil de dragage dont nous donnons la description dans le chapitre consacré à la navigation intérieure : sorte de coffre qui s'ouvre, s'emplit, se referme et remonte ; c'est la drague dite en écaille d'huître, de MM. Morris et Cumings. A ce coffre on substituait de temps à autre une gigantesque griffe à mâchoires qui saisissait et enlevait tout bloc dont les dimensions n'excédaient pas celles du puits.

Le terrain dans lequel on s'enfonçait était fort peu perméable. Quand on y eut pénétré de 3 mètres environ, l'eau vint en quantité si faible qu'on dut en introduire par le haut dans les puits pour l'entretien de la fermeture hydraulique. On veillait à ce que le bas du tuyau fût toujours noyé de $0^m,15$ au moins. De temps en temps on s'assurait avec un bâton que la colonne d'eau maintenue dans le puits par la pression de l'air intérieur communiquait librement avec l'eau de la mare : car le puits eût pu s'obstruer à la base de matières dont le poids se fût ajouté à celui de la colonne d'eau, et alors il eût suffi d'une infiltration pour déboucher le puits, provoquer un affaissement subit de la colonne et peut-être une sortie d'air comprimé par le puits. Mais on redoutait surtout l'épuisement de la mare et, pour la prévenir, on entretenait un courant d'eau dans le puits. Il paraît que cette précaution avait été négligée le dimanche 25 septembre : la sortie d'air qui s'ensuivit produisit (à ce que les spectateurs racontèrent) l'effet d'un volcan en miniature, car l'air comprimé entraînait avec lui des débris de toute espèce. Il n'y avait heureusement pas un seul ouvrier sous le caisson. — Tout était rentré dans l'ordre le lendemain. Nous vîmes les deux fosses bien pourvues d'eau. Des ouvriers venaient y verser le déblai amené en brouette des diverses parties de la fouille, tandis que d'autres le poussaient à la pelle par-dessous les bords du conduit.

Ce déblai semblait être une sorte de béton naturel. Quoiqu'il fût généralement dur, il s'en détachait des parcelles qui restaient en suspension dans l'eau des puits hydrauliques et en augmentaient beaucoup la densité. Il arriva une fois que, l'un des deux puits étant resté plusieurs jours sans fonctionner, tandis qu'on travaillait dans l'autre, la différence de hauteur des deux colonnes atteignit 9 pieds ($2^m,75$). L'eau s'était entièrement clarifiée dans le premier des deux

puits. Les ouvriers du dehors, remarquant cette dénivellation, versèrent de l'eau dans le puits qui paraissait en manquer; mais l'eau ne s'y éleva pas, et l'eau introduite n'eut pas d'autre effet que de faire déborder l'eau de la fosse inférieure. M. Collingwood, qui était sous le caisson et remarqua ce débordement dont il ignorait la cause, crut que c'était l'eau qui rentrait du dehors par suite d'un accident arrivé aux compresseurs et d'une diminution de pression dans la chambre de travail.

Puits d'accès des ouvriers.

Les deux puits *intermédiaires*, destinés à l'introduction des ouvriers, ne régnaient que dans l'épaisseur (7 mètres) du plafond. Pour ne pas les élever plus haut, pour établir l'écluse à air à ce niveau invariable, on avait profité de ce que le massif de maçonnerie de la pile devait présenter deux grands évidements intérieurs, deux cages maintenues à sec par la maçonnerie qui s'élevait à l'entour à mesure que le caisson descendait[1].

Les puits d'accès du caisson de Brooklyn étaient circulaires et n'avaient que $1^{m},06$ de diamètre. L'écluse à air établie au-dessus de chacun d'eux avait 2 mètres de diamètre et 2 mètres de hauteur à l'intérieur. On y pénétrait par deux trappes horizontales qu'une échelle en fer réunissait. Une poulie intérieure aidait à refermer la trappe du bas, à comprimer assez fortement le caoutchouc intermédiaire pour empêcher l'air comprimé de sortir par là quand on vidait l'écluse.

Puits d'approvisionnement.

Les deux derniers puits, placés immédiatement en aval et en amont du gros mur central sur lequel portera le poids des deux câbles intérieurs du pont, étaient destinés à introduire, après le fonçage du caisson, le ciment, le sable et les cailloux nécessaires à la fabrication du béton de remplissage.

Ces puits étaient circulaires, comme les précédents, mais encore plus petits ($0^{m},55$ de diamètre). Au lieu de s'arrêter à la surface supérieure du plafond, ils s'exhaussaient progressivement, comme les puits hydrauliques, mais par une simple buse en bois de $0^{m},05$ d'épaisseur. Ils étaient munis à chaque extrémité d'une porte à charnière horizontale. Pour introduire des matériaux, la porte du bas étant fermée, on les verse par le haut et on referme la porte supérieure. L'in-

[1] M. Castor, entrepreneur des fondations des ponts de Kehl et d'Argenteuil, a prévu une disposition analogue pour un caisson flottant destiné à opérer des dérochements dans les ports de Brest et de Cherbourg. L'appareil n'a pas encore fonctionné; mais M. Castor nous en a montré le dessin, pour lequel il a pris un brevet en 1869.

troduction de l'air comprimé à l'intérieur permet d'ouvrir l'extrémité qui débouche dans la chambre de travail. — Il arriva un jour (en janvier 1871) que les ouvriers chargés d'introduire les matériaux dans l'un des puits commirent la double étourderie de verser une double charge et de donner le signal d'usage avant d'avoir eux-mêmes fermé la porte supérieure. Le poids anormal des matériaux fit que la porte inférieure ne s'en ouvrit pas moins : l'air comprimé s'échappa aussitôt avec violence, entraînant dans son tourbillon du gravier qui troubla les ouvriers du dehors à tel point qu'ils ne songèrent pas à fermer la porte. Cependant toutes les lumières s'étaient éteintes sous le caisson ; l'abaissement subit de la pression y provoquait la précipitation d'un brouillard intense ; l'eau montait aux genoux des ouvriers. M. Roebling, qui était là, aidé de quelques chefs d'équipe, parvint enfin à dégager l'orifice inférieur du puits, obstrué de matériaux, et à refermer la porte. La pression, qui était tombée de 1^{a},16 à 0^{a},4, fut rétablie au bout d'un quart d'heure environ.

Tubes spéciaux.

Indépendamment des six puits dont il vient d'être question, divers tubes traversaient le plafond du caisson. Les uns amenaient dans la chambre de travail de l'eau, de l'air comprimé et les gaz destinés à produire la lumière oxy-hydrique (*calcium light*) ; d'autres servaient à l'expulsion des eaux vaseuses et même des matières fécales. Nous allons dire quelques mots sur chacun de ces trois points.

Eau.

L'eau douce, empruntée à la distribution d'eau de Brooklyn, servait d'abord, comme nous l'avons dit, à alimenter les fermetures hydrauliques des deux puits d'extraction. Puis elle était un véritable soulagement pour les deux cents hommes qui travaillaient là dans un air très-chaud et très-humide. — Nos vêtements étaient tout trempés (ceux des ouvriers se réduisaient à un pantalon).

Air comprimé.

Les compresseurs étaient installés sur le rivage. Les chaudières consistaient en six petits générateurs verticaux alimentant une conduite commune qui fournissait la vapeur à six cylindres. Chaque cylindre, de 20 chevaux de force, mettait en mouvement deux pompes à simple effet de 0^{m},38 de diamètre et 0^{m},35 de course. On pouvait ainsi, tout en faisant travailler chaque générateur à son maximum d'effet utile, augmenter ou diminuer par degrés la force produite. Un jet d'eau projeté dans chacun des cylindres compresseurs y rafraîchissait l'air

échauffé par la compression. L'air cheminait par un tuyau souterrain de $0^m,25$ de diamètre et enfin pénétrait par deux tuyaux de caoutchouc de $0^m,15$ dans la chambre de travail.

Éclairage du caisson.

Cette chambre était principalement éclairée au gaz. C'est encore sur le plafond du caisson qu'on avait placé les deux réservoirs destinés à contenir l'un l'oxygène, l'autre l'hydrogène. Ces réservoirs consistaient en cylindres verticaux de $0^m,53$ de diamètre et $1^m,83$ de hauteur. Ils communiquaient tous deux avec un réservoir d'eau établi sur le toit d'une maison voisine. La différence de hauteur augmentait, à mesure que le caisson descendait, de telle sorte que, la perte de charge due au frottement des gaz dans les tuyaux restant constante, les gaz conservaient la vitesse d'écoulement qui leur permettait de brûler convenablement à la sortie. Les deux réservoirs, originairement pleins d'eau, étaient munis (comme les chaudières à vapeur) de tubes indicateurs du niveau de l'eau : il était conséquemment facile de régler à l'aide d'un robinet l'introduction des gaz comprimés. L'oxygène était fourni par une Compagnie spéciale (*the New-York Oxygene Gaz Co.*), qui le transporte dans des réservoirs où il est soumis à une pression de $15^a,3$. On prenait l'hydrogène sur une des conduites de gaz de la ville de Brooklyn et on le comprimait avec un appareil semblable à ceux qui servaient à comprimer l'air pour le caisson. On admettait que la pression des gaz dans les deux réservoirs devait être supérieure à celle du caisson d'une livre ou deux par pouce carré (1 mètre de hauteur d'eau environ).

Le gaz n'a pas dispensé de recourir constamment aux chandelles pour éclairer les nombreux recoins qui demeuraient obscurs. Celles que nous tenions à la main pour circuler dans le chaos de l'immense caisson donnaient encore une lumière passable; mais l'intensité devait s'en affaiblir, comme à Saint-Louis, à mesure que l'air serait plus fortement comprimé. Pour empêcher les chandelles de fumer, on mélangea de l'alun avec le suif, on réduisit la grosseur des mèches et on les trempa dans du vinaigre; mais ces expédients ne paraissent pas avoir abouti à des résultats bien satisfaisants. — Deux causes concourent, suivant M. Collingwood, à entraver la combustion dans l'air comprimé. Les gaz donnent une moindre flamme, une moindre surface de contact avec l'oxygène de l'air; puis la chaleur due à la combustion d'une quantité donnée de gaz ne suffit pas à

mettre en circulation, à l'entour de la flamme, une égale quantité de cet air qui, à raison de sa densité plus grande, contient plus de particules à déplacer. De là résulte qu'une grande partie du carbone se volatilise sans avoir été consumée.

Expulsion d'eaux vaseuses.

Quand on était embarrassé sous le caisson par des eaux vaseuses que l'imperméabilité du terrain environnant ne permettait pas d'y refouler, on les réunissait dans des fosses ; puis on tenait à la surface, en laissant un peu de jour, l'extrémité d'un tuyau flexible qui communiquait librement avec le dehors : l'air comprimé de la chambre, en s'échappant par le tuyau, entraînait l'eau, la boue et le sable fin à une hauteur supérieure au niveau des eaux extérieures[1]. Il va sans dire qu'un robinet réglait le jeu du tuyau.

Expulsion des matières fécales.

Il y avait encore un service à assurer, un autre problème à résoudre.

On construisit une boîte cubique de $0^m,40$ environ de côté, imperméable à l'eau et pourvue d'un siége. Elle communiquait par le fond avec une large conduite de fonte que des coudes reliaient à un tuyau traversant le plafond et commandé par une soupape. La boîte éta remplie d'eau à moitié. Quand on voulait la vider, il suffisait d'agir sur la soupape : tout le contenu de la boîte se dissipait en un léger nuage sans laisser la moindre odeur dans la chambre de travail.

Marche du travail.

Après cette description des différentes parties du caisson, nous donnerons quelques renseignements sur la marche générale du travail.

Échouage du caisson.

A Saint-Louis le caisson, qui était en fer, avait dû être soutenu d'abord au moyen de grands verrins. A Brooklyn le caisson flottait, et il a suffi d'en guider la descente à l'aide de pieux plantés au pourtour.

L'échouage fut opéré le 1er mai 1870 sur une surface réglée à la drague à $5^m,49$ au-dessous de la haute mer. C'est alors que l'on commença à établir sur le plafond originel le massif additionnel de bois et béton. Pendant les trois premières semaines on ne put travailler que huit heures par jour au déblai, le caisson étant soulevé par la haute mer. Il y eut un moment où le caisson, se chargeant de plus en plus, restait appuyé d'un côté sur le sol tandis qu'il se soulevait de l'autre côté. Ces mouvements étaient, dit-on, accompagnés d'un phénomène imposant :

[1] M. Castor a employé le même procédé au pont d'Argenteuil. (Voir le texte de l'ouvrage publié par ce constructeur, page 153.) Seulement le tuyau plongeait entièrement dans l'eau, et on y introduisait l'air comprimé par une ouverture spéciale.

la marée montant, il se produisait tout à coup un soulèvement partiel de plus de $0^m,15$; et pendant quelques instants l'air comprimé s'échappait avec violence par-dessous le bord du caisson, entraînant plusieurs centaines de tonnes d'eau à 15 ou 20 mètres de hauteur. Les ouvriers qui travaillaient à l'intérieur ne s'apercevaient du phénomène que par le bruit et l'agitation momentanée de l'air.

On commença le 15 juin la maçonnerie, et trois jours après le caisson cessait de se soulever.

Pour faire descendre le caisson, on commençait l'ameublissement du sol sous la cloison centrale, en allant du milieu vers les extrémités. Puis on passait aux deux cloisons voisines et on finissait par la muraille d'enceinte. Pour prévenir les déperditions inutiles d'air comprimé, on ne laissait pas faire de fouilles un peu profondes sous le sabot d'enceinte; on confiait, dans chacun des six compartiments, à deux ouvriers d'élite, le soin de creuser de quelques centimètres seulement à la fois pour tâter le terrain et voir si l'on n'était pas exposé à tomber sur des roches comme il y en avait tant. Il fallait que cette reconnaissance s'étendît un peu en dehors du caisson, et cette opération délicate ne réussissait pas toujours. Quand la descente s'opérait sans encombre, elle était de 8 à 10 centimètres par jour.

Lorsqu'on rencontrait des blocs, on suspendait le mouvement. Plus d'une fois, malgré la puissance des dragues, on recourut à la poudre. C'était probablement la première fois qu'on faisait jouer la mine sous un caisson à air comprimé. Le bruit des explosions était bien moins intense que dans l'atmosphère, les gaz produisant une perturbation moindre dans l'air comprimé.

Les deux puits hydrauliques, qui descendaient à $0^m,50$ en contre-bas du caisson, étaient particulièrement exposés à rencontrer des blocs. Le cas échéant, voici comment on s'y prenait pour les faire sauter. On commençait par coiffer le puits avec un couvercle imperméable à l'air. Puis on introduisait à la partie supérieure de l'air comprimé qui refoulait la colonne d'eau et vidait le puits. On opérait alors à sec. L'opération la plus scabreuse était de rétablir la fermeture hydraulique, car il fallait ne lâcher l'air comprimé de la partie supérieure du puits qu'à mesure qu'on y faisait arriver l'eau par le bas.

Après chaque interruption, la reprise du mouvement de descente était presque

inévitablement inaugurée par quelques mouvements saccadés. Ces mouvements étaient dus sans doute à ce que la terre s'était serrée contre le caisson comme elle le fait autour d'un pieu qu'on bat lentement; mais ils devaient tenir aussi à ce que, pendant qu'on s'occupait des blocs, on ne pouvait tenir les hommes inoccupés et les empêcher de creuser trop profondément sous les cloisons.

La plus grande différence de niveau qui se soit jamais produite entre les quatre angles du caisson a été de $0^m,30$, différence bien faible si l'on songe aux grandes dimensions du caisson. Le déplacement final a été de $0^m,11$ par rapport à l'axe de la pile et de $0^m,58$ suivant cet axe.

Le 2 décembre 1870, au moment où le fonçage touchait à sa fin, le feu prit au caisson. Il fallut un mois pour réparer le dégât. — Y compris ce retard, le remplissage de la chambre de travail dura deux mois et demi. Pour y procéder, on divisa la chambre, par des cloisons en planches, en cases d'un mètre environ de côté; on y posa le béton par couches successives de 15 à 20 centimètres d'épaisseur; on bourra fortement celui qui fut logé sous le toit.

Deux équipes travaillaient concurremment pendant le jour et une seule pendant la nuit. Celles de jour prenaient un repas dans la chambre de travail. Personnel du chantier.

Chaque équipe était composée ainsi qu'il suit :

6 surveillants ou sous-chefs (un dans chacune des subdivisions de la chambre);
112 ouvriers.

Total 118, ce qui faisait 236 hommes travaillant à la fois pendant le jour, sous la direction d'un surveillant général.

En dehors du caisson, le personnel comprenait en 1870 environ 360 hommes (mécaniciens, chauffeurs, forgerons, charpentiers, employés du gaz, bardeurs, maçons, etc.).

2° PILE DE NEW-YORK.

Bien que la fondation de la pile de Brooklyn ne fût encore que partiellement exécutée, l'expérience acquise avait suggéré diverses améliorations de détail qu'on se proposait d'introduire dans le caisson de la deuxième pile. Nous allons indiquer en quoi elles consistaient.

Caisson proprement dit.

Pour rendre le caisson plus imperméable à l'air, on revêt intérieurement la chambre de travail d'une tôle de 5 millimètres d'épaisseur. Pour protéger extérieurement les grosses pièces de charpente, on applique dessus des madriers de sapin (*spruce*) de $0^m,10$ d'épaisseur, inclinés au $\frac{1}{8}$.

Cloisons.

Les cloisons seront pleines (comme à Saint-Louis) : chacune d'elles sera composée de neuf doubles cours horizontaux de pièces de pin jaune de $0^m,30$ d'équarrissage. Deux ouvertures y sont ménagées pour le passage des ouvriers.

Puits d'extraction des déblais.

On substitue la forme circulaire à la forme rectangulaire. Le diamètre sera de $2^m,35$. L'épaisseur des plaques de tôle du conduit sera portée de 10 millimètres à 12 $\frac{1}{2}$.

Puits d'accès.

Les écluses à air sont placées non plus sur le plafond, mais en partie dans ce plafond et en partie dans la chambre de travail. Le puits qui traverse le plafond, au lieu d'être un rectangle de $2^m,13$ sur 2 mètres, devient un cercle de $2^m,60$ de diamètre. Simplement revêtu en bois dans la partie supérieure, il se transforme à la base en un tambour en tôle sur $1^m,80$ de hauteur. Le fond de ce tambour, sur lequel aboutit une première échelle, présente un vide rectangulaire de $0^m,91$ de largeur, $2^m,15$ de longueur et $1^m,25$ de profondeur : c'est un passage dans lequel on descend pour se diriger soit à droite, soit à gauche, et l'on arrive ainsi à la porte d'entrée d'une écluse à air. Le cylindre de cette écluse, qui a $2^m,45$ de hauteur totale, est encore engagé sur moitié de cette hauteur dans l'épaisseur du plafond. Quand on est descendu au bas, on trouve une seconde porte qui débouche, immédiatement au-dessous du plafond, dans la chambre de travail.

Ainsi un même puits donne accès à deux écluses à air. Les deux ouvertures de chaque écluse, au lieu d'être deux trappes horizontales circulaires de $0^m,55$ de diamètre, sont deux portes verticales et ovales de $0^m,85$ de hauteur et $0^m,60$ de largeur : on peut s'engager plus commodément dans ces ouvertures en quittant ou gagnant l'échelle qui y aboutit.

Puits d'approvisionnement.

Le nombre des puits pour l'approvisionnement final des matériaux est porté de deux à neuf. Au lieu de les placer dans les évidements rectangulaires de la pile, on en placera huit en dehors des maçonneries, sur les espaces libres que présente le sommet du caisson ; le neuvième sera ménagé dans l'épaisseur de la

maçonnerie, au centre même de la pile. Pour les huit puits extérieurs on substitue aux tuyaux de bois des tuyaux de tôle, et on porte le diamètre de 0m,53 à 0m,58.

Les tuyaux d'eau et de gaz sont au nombre de cinquante-six, d'après le plan que M. Roebling a bien voulu nous communiquer. Ils ont 0m,09 de diamètre et doivent pouvoir résister à une pression de 200 livres par pouce carré (14 atmosphères environ). Quant à l'air comprimé, il arrive par quatre conduites en fonte de 0m,15 de diamètre qui descendent par les puits d'accès et traversent le fond du couloir métallique établi entre les deux écluses ; leur extrémité recourbée est fermée par un clapet automatique en fonte. Tuyaux divers

Le caisson sera muni à sa base d'un faux-fond, d'une plate-forme générale qui facilitera la mise à l'eau et le transport, et formera une meilleure assiette au moment de l'échouage sur la vase.

---

§ 7. — DE L'ÉTABLISSEMENT DES PONTS CONSIDERÉ AU POINT DE VUE DE LA NAVIGATION.

Le nombre chaque jour croissant des chemins de fer aux États-Unis n'y a pas discrédité les transports par eau ; on n'y a jamais admis que, pour faciliter l'établissement des ponts, on pût imposer à la navigation des entraves ou des sujétions sérieuses. Mais, en fait, la législation très-sommaire dont on avait cru pouvoir se contenter en cette matière s'est trouvée insuffisante, et elle est à la veille de recevoir des compléments instructifs.

Les deux premiers ponts construits sur le Mississipi, à Rock-Island et à Clinton, pour les deux principales voies ferrées qui relient Chicago à Omaha, ont été construits avec l'autorisation des deux États riverains, mais sans intervention du gouvernement central. Ils sont gênants pour la navigation ; ils avaient du reste conservé jusqu'en 1870 le caractère purement provisoire des ponts en charpente. Législation actuelle.

Le 25 juillet 1866 le Congrès, saisi de la question de l'établissement de deux

ponts définitifs, l'un sur le Mississipi à Quincy, l'autre sur le Missouri à Kansas-City, décida qu'ils ne pourraient être construits que sous les conditions suivantes :

1° Toute ligne ferrée aboutissant sur l'une ou l'autre rive aurait le droit de faire passer ses wagons sur le pont moyennant une indemnité raisonnable.

2° Tous litiges nés d'obstacles apportés à la navigation pourraient être déférés à la cour de district de l'un des États limitrophes.

3° Les ponts pouvaient être, au choix de la Compagnie, construits avec ou sans travées mobiles. Un pont entièrement fixe devait avoir son tablier à 50 pieds au moins (15^{m},25) au-dessus des plus hautes eaux, ses piles parallèles « au courant », ses travées de 250 pieds au moins (76^{m},25) d'ouverture, avec une travée marinière de 300 pieds au moins (91^{m},50) placée au-dessus du chenal principal. — En cas d'adoption d'une partie mobile, placée sur le chenal principal et en un point facilement accessible, elle devait être formée d'un tablier couvrant deux travées de 160 pieds au moins (48^{m},80) d'ouverture franche et tournant sur une pile intermédiaire. En outre les deux travées fixes contiguës de chaque côté aux travées mobiles devaient avoir 250 pieds au moins d'ouverture et leur tablier devait être placé à 30 pieds au moins (9^{m},15) au-dessus des basses eaux et à 10 pieds au moins (3^{m},05) au-dessus des hautes eaux. Hors le moment du passage d'un train sur le pont, les travées mobiles devaient s'ouvrir au premier signal des mariniers.

4° Enfin le Congrès se réservait expressément le droit de modifier, dans l'intérêt de la navigation, les conditions attachées à l'existence légale des ponts de Quincy et de Kansas-City.

Le pont de Quincy, ouvert en 1868, ne paraît avoir donné lieu à aucune plainte. Mais il n'en fut pas de même de celui de Kansas-City. En octobre 1868, bien avant que les travaux ne fussent achevés, un ingénieur envoyé par le gouvernement constatait que, malgré les stipulations législatives, la navigation allait se trouver sur ce point dans de très-mauvaises conditions. Le pont est dans une courbe très-prononcée. On a l'avantage d'y trouver, même en basses eaux, un chenal de 6 mètres de profondeur. Mais les crues, ordinairement limitées à 6^{m},10, atteignent parfois jusqu'à 11^{m},28. La vitesse du courant en hautes eaux est d'environ

3m,60 par seconde. Pour que les bateaux puissent gouverner et tourner brusquement dans un courant pareil, il faut qu'ils prennent une vitesse de 5m,40 qui augmente beaucoup le danger de l'évolution.

Le pont de Steubenville, construit sur l'Ohio (1862-1863) en vertu d'une autorisation analogue accordée par le Congrès en 1862, a aussi l'inconvénient d'être placé dans une courbe. Le général Warren, envoyé sur les lieux en juin 1868, constata en outre que deux circonstances réduisaient notablement, en fait, l'ouverture apparente des travées. D'une part la direction du courant, influencée (comme il arrive si souvent) par l'existence d'un haut-fond, change à mesure que les eaux montent en décrivant un angle de 30° qui les porte tantôt vers la rive de Virginie, tantôt vers celle de l'État d'Ohio. Indépendamment de ces variations, inquiétantes pour les mariniers, il faut se tenir à distance des piles protégées dans leurs fondations par des enrochements à pierres perdues. Bref, le général Warren estimait que l'ouverture libre de la travée principale était réduite en fait de 300 pieds à 250 (de 90 mètres à 75).

Cet ingénieur émettait l'avis qu'une loi nouvelle fût faite pour garantir d'une manière plus efficace les intérêts de la navigation sur les rivières de l'Ouest, tout en ménageant autant que possible ceux des Compagnies de chemins de fer qui ont des ponts à construire. Il constatait que si l'opinion publique réclame pour la marine des travées plus grandes, l'art des constructions progresse en même temps et de façon à ne pas rester en dessous des besoins nouveaux qu'il doit satisfaire. Il faisait remarquer d'ailleurs qu'on ne pouvait enfermer dans une même formule législative les conditions d'établissement des ponts de toutes les rivières.

Projet de loi pour les ponts de la rivière d'Ohio.

Conformément à ces idées, le Congrès demanda le 11 juillet 1870 qu'un nouvel examen fût fait des huit ponts construits ou en cours de construction sur la rivière d'Ohio. L'une des conséquences de cet examen fut un projet de loi soumis le 13 février 1871 par le ministre de la guerre à la Chambre des Représentants. En voici les dispositions essentielles :

1° Tout pont à construire sur l'Ohio devrait présenter une travée marinière non plus de 300 pieds, mais de 400 pieds (122 mètres) au moins d'ouverture franche, cette largeur étant mesurée perpendiculairement au courant dans toutes les directions qu'il peut prendre eu égard à l'état variable de la rivière. La hau-

teur du point le plus bas du tablier serait de 40 pieds (12^{m},20) au-dessus des plus hautes eaux et de 90 pieds ou 100 pieds au-dessus de l'étiage.

2° Cette travée principale serait placée au-dessus du chenal suivi par les bateaux en eaux ordinaires. Mais si ce chenal n'était pas celui d'étiage, d'autres dispositions seraient ménagées pour que les bateaux pussent passer, au moins isolément, en eaux basses.

3° En aval de Cincinnati, — pour que les bateaux qui naviguent sur le Mississipi de la Nouvelle-Orléans à Saint-Louis sans y rencontrer un seul pont puissent continuer à monter par les hautes eaux de Cairo à Louisville et Cincinnati avec leurs cheminées de 1^{m},67 de diamètre et 15^{m},25 de hauteur, dont l'abaissement ne pourrait pas s'opérer sans danger, — les ponts devraient présenter (comme le seul qui existe maintenant, celui de Louisville), outre la grande travée de 400 pieds, un pont-tournant recouvrant deux travées de 48^{m},40.

4° Les piles seraient construites parallèlement au courant qui correspond à la hauteur d'eau la plus importante pour la navigation, et l'on n'admettrait ni enrochements ni autres ouvrages saillants du côté de la grande travée ou des travées mobiles.

5° Les pétitionnaires seraient tenus de produire un plan de la rivière s'étendant jusqu'à un mille au moins en amont et en aval du pont projeté, avec indication des sondages, de la laisse des hautes et basses eaux, de la direction des courants à toutes hauteurs, etc. Et si, les travaux commencés, quelque doute venait à surgir sur les conséquences possibles de la construction, le ministre de la guerre déléguerait trois hommes expérimentés, pris dans le corps des ingénieurs, à qui serait donnée la faculté de prescrire des modifications telles que la navigation ne puisse en aucun cas éprouver de préjudice.

6° La Compagnie du pont serait tenue d'éclairer pendant la nuit les travées marinières conformément aux indications qui lui seraient données par la Commission des phares.

La clause de révocation éventuelle est, bien entendu, conservée.

On peut voir par cet exemple de quelle sollicitude la navigation demeure entourée aux États-Unis. C'est que les cours d'eau, outre leur importance commerciale, y sont comptés comme un des éléments de la puissance militaire du pays.

Les Américains suivaient avec une grande attention les événements de la guerre lamentable dans laquelle se débattait la France en 1870; l'exposé des motifs du projet de loi présenté pour les ponts de l'Ohio porte la trace de cette préoccupation. Dans cette démonstration si péremptoire des avantages qui s'attachent à une concentration facile des ressources militaires, les auteurs du projet voient un enseignement qui s'impose à l'attention du gouvernement américain.

On peut tirer une conclusion plus générale encore des faits qui précèdent. La législation américaine se complète, en ce qui concerne les travaux publics, à mesure que le besoin s'en fait sentir. La doctrine du « laisser-faire » y a produit de grands résultats; mais elle ne domine pas au point de compromettre l'existence du domaine public et les intérêts généraux du pays.

---

§ 8. — CONCLUSIONS SUR LES ROUTES ET PONTS.

1° SUPERSTRUCTURE DES PONTS.

Nous avons dit au début de ce chapitre que les routes proprement dites, à chaussées pavées ou empierrées, n'occupent qu'une place insignifiante dans les grandes voies de communication des États-Unis; elles sont sans intérêt pour nous. Mais il n'en est pas de même des ponts, des ponts construits, pour les chemins de fer principalement, depuis 1830 et surtout depuis 1860. Routes.

Les grands ponts en maçonnerie sont extrêmement rares, bien que les matériaux ne manquent pas dans les États de l'Est. Ponts en maçonnerie.

Les ponts en charpente se construisent généralement dans le système Howe, ce système que l'Europe a déjà emprunté sur une grande échelle à l'Amérique. Mais les ponts de bois ne sont plus considérés que comme des ouvrages provisoires: on ne construit plus aujourd'hui que des ponts métalliques, quand le manque de fonds ne force pas d'ajourner ces constructions plus coûteuses de premier établissement. Ponts en charpente.

On ne compte presque pas de ponts en arcs dans les ponts métalliques que Ponts en arcs métalliques

l'on a créés depuis vingt ans. Le pont en arcs d'acier et à double étage que l'on construit présentement à Saint-Louis, pour franchir en trois travées un fleuve de 500 mètres de largeur, formera une très-saillante exception. Ce pont de Saint-Louis est d'ailleurs à tous égards un ouvrage de premier ordre. Il emploiera environ 2.500 tonnes d'acier; les difficultés de fabrication que le projet a supposé pouvoir être résolues se rattachent à des questions du plus haut intérêt pour l'industrie métallurgique.

Poutres à treillis.

Les poutres à treillis imaginées par M. Town, qui conviennent si bien pour des ouvrages provisoires, et que l'Europe a généralement adoptées pour ses grands ponts de chemins de fer en substituant le métal au bois, ces poutres ne sont presque plus en usage aux États-Unis. On leur a substitué des poutres ou fermes à grandes mailles dont les éléments caractéristiques nous paraissent pouvoir être groupés dans la formule suivante :

Poutres ou fermes à grandes mailles.

Une file de poutrelles creuses de 3 à 4 mètres de longueur, réunies par des boîtes de fonte, — et une autre file de barres à œils réunies par des charnières, — sont reliées ensemble par des tirants et des entretoises diversement combinés, articulés toujours sur la semelle inférieure et quelquefois sur l'autre, de telle sorte que chacun de ces liens ne subisse jamais qu'un seul genre d'effort, tension ou compression, dont le maximum calculé détermine la section transversale qu'on doit donner à chaque pièce.

Ce travail intégral de l'*âme* des poutres doit conduire à une première économie. Mais ce n'est pas le seul avantage qui apparaisse *a priori*. On en peut reconnaître d'autres dans le peu de prise qu'offre à l'oxydation le métal ramassé suivant la direction même des efforts, — dans la facilité qu'on a d'accéder à tous les organes pour les visiter et les repeindre en temps utile, — dans la rapidité du montage de ces pièces qui n'ont isolément que peu de longueur, — dans le peu de surface qu'offrent à l'action du vent de grandes mailles qui d'ailleurs ne retiennent pas la neige sur le tablier. L'économie réalisée paraît être d'autant plus notable que l'ouverture est plus grande. On franchissait déjà couramment dans ce système des espaces de 60 à 100 mètres; et voici qu'il résulte d'un travail émané des ingénieurs du gouvernement et officiellement soumis au Congrès que, grâce aux progrès réalisés par la science dans ces dernières années, on

peut maintenant, sans être taxé d'exigence, sans imposer aux Compagnies des dépenses extraordinaires, porter de 90 à 120 mètres le minimum des travées marinières des ponts à construire sur l'Ohio pour les chemins de fer.

Ces nouveaux ponts métalliques, qu'on peut diviser en sept variétés principales, ne sont pas inconnus en France; mais ils n'y ont peut-être pas suffisamment fixé l'attention. La préférence à peu près exclusive dont ils sont l'objet chez un peuple aussi pratique que les Américains est un enseignement utile à méditer. Nous signalons particulièrement l'application du système aux ponts-tournants. Ceux-ci se construisent en Amérique avec deux volées égales : ils recouvrent à la fois deux travées de 20 à 50 mètres d'ouverture, en tournant sur la pile intermédiaire. Cette disposition, qui procure économiquement deux passages distincts à la navigation, n'a encore été appliquée en France qu'exceptionnellement; elle corrigerait sur plusieurs de nos canaux des rétrécissements incommodes à la fois pour la circulation des bateaux et pour l'alimentation.

Ponts suspendus.

Au second plan apparaît le système des ponts suspendus. Inventé en Amérique dès la fin du siècle dernier, il y a été perfectionné et rajeuni depuis l'époque où l'accident du pont d'Angers et plusieurs autres l'ont relégué chez nous (comme en Angleterre) dans un discrédit exagéré. Ce qui manquait aux ponts suspendus en rigidité, en solidité, en résistance à l'action des grands vents, on a cherché à le leur donner ; et des applications considérables, aujourd'hui sanctionnées par le temps, autorisent à dire qu'on y a réussi. Par une combinaison rationnelle des câbles de suspension avec les poutres longitudinales et les haubans, par l'inclinaison donnée au plan des câbles et l'addition d'amarres extérieures, enfin par des perfectionnements introduits dans la fabrication et le mode d'attache des câbles en fils de fer, M. John Roebling a su faire des ponts, plus dispendieux sans doute, mais parfaitement solides, et qui ont résolu des problèmes inabordables pour tout autre système. Franchir sans points d'appui intermédiaires des espaces de 250 mètres, puis de 322, de 387 et bientôt probablement de 493 mètres, c'est là un progrès dont l'esprit humain a le droit de s'enorgueillir. Le système peut s'appliquer d'ailleurs à des circonstances moins extraordinaires : il permettrait, par exemple, de franchir la Seine dans Paris

sans en embarrasser le lit par des piles et des enrochements, sans restreindre la hauteur de passage utile à la navigation et sans déparer les rives monumentales de notre petit fleuve.

Idée-mère sur l'emploi du métal.

Quelle que soit la différence de principe qui existe entre les ponts suspendus et les ponts à poutres droites, les ouvrages de l'un et l'autre type que les Américains construisent depuis vingt ans nous paraissent fortement empreints d'une idée commune, l'idée de la suspension, ou, en termes plus précis, du métal employé à l'extension plutôt qu'à la compression. Les longs tirants qui soulagent si efficacement les câbles des ponts suspendus se retrouvent dans les systèmes Fink et Bollman; ils se retrouvent encore dans les liens inclinés des autres systèmes, notamment dans ceux qui traversent deux panneaux consécutifs des grandes poutres de MM. Linville et Post. Quant aux pièces comprimées, elles se réduisent généralement aux montants et aux courts tronçons entre lesquels la semelle supérieure se divise. Dès 1847 M. Whipple avait compris que le système Howe devait être *retourné,* interverti. Cette préférence accordée à l'emploi du fer par tension est-elle bien rationnelle? La grande économie qu'on y trouve, en fait, cadre-t-elle avec l'idée qu'on peut se faire *a priori* du double mode de résistance des matériaux? Il est facile de s'en convaincre.

Partant de l'hypothèse admise que les prismes de fer ou de fonte travaillent comme s'ils étaient formés de fibres longitudinales parallèles, on n'éprouve pas plus de difficulté à concevoir chaque fibre comme formée de molécules articulées. La résistance du prisme à l'extension, proportionnelle à sa section transversale, est tout à fait indépendante de sa longueur. Mais il en est autrement dans les pièces comprimées. L'effort de compression ne tend pas seulement à rapprocher les molécules, à raccourcir les fibres, à produire l'écrasement; il place en outre les molécules dans un état d'équilibre instable, il tend à les désunir transversalement, et les hasards de l'agrégation mécanique empêchent de prévoir sur quel point la désunion est le plus à craindre. Les prismes comprimés sont exposés par suite à flamber, à se boucler, sous une charge bien inférieure à celle qui produirait l'écrasement : c'est un danger spécial auquel on ne remédie qu'en augmentant la section du prisme ou créant des points d'appui intermédiaires, des soutiens latéraux. Telle est la sujétion qu'il faut payer en sus

quand le métal travaille par compression, et on la paye d'autant plus chèrement que les pièces sont plus longues.

S'il n'était pas superflu d'insister sur cette différence essentielle des deux modes de résistance et sur l'infériorité de l'un par rapport à l'autre, nous emprunterions aux Américains une démonstration expressive et pittoresque comme ils les aiment. Un prisme d'acier, de section quelconque, pourrait être suspendu à une dizaine de kilomètres au-dessus de la terre sans que la portion de ce prisme qui confine au point d'attache se rompît sous la charge totale. Mais qu'on imagine le même prisme posé sur sa base inférieure, à laquelle nous supposerons 2 ou 3 centimètres de côté : réduisît-on la hauteur de 10.000 mètres à 1.000 ou même à 100, la tige ne s'en affaisserait pas moins sur elle-même, comme une longue ficelle qu'on aurait entrepris de faire tenir debout ; et pourtant la partie inférieure du prisme serait moins près de s'écraser dans ce second cas que la partie supérieure ne l'était de se déchirer dans le premier.

Si donc on veut utiliser intégralement la résistance du métal, il faut le faire travailler par extension autant que possible : on y trouvera une économie spéciale et qui peut aller très-loin. Il est également logique de n'exposer à la compression que des pièces de peu de longueur, des pièces creuses, et surtout de ne pas croire que les mêmes organes puissent brusquement et impunément passer de la tension extrême à l'extrême compression.

Tel nous paraît être le programme théorique que les Américains ont dû se poser en termes plus ou moins nets. Quand des innovations se produisent sous la double autorité de principes aussi rationnels et d'applications si considérables, elles ont droit, croyons-nous, à toute l'attention des hommes du métier.

2° FONDATIONS A L'AIR COMPRIMÉ.

En ce qui concerne les travaux de fondation, notre attention s'est trouvée principalement attirée par les applications faites de l'air comprimé. Feu M. l'in-

specteur général Minard [1], — qui nous avait remis au départ une série de questions dont l'à-propos et la variété prouvaient la vigueur persistante de son esprit, — M. Minard était particulièrement curieux de connaître ce que les Américains avaient pu imaginer dans cette voie, si neuve encore, qu'un Français (M. Triger, ingénieur civil) a découverte et inaugurée sur la Loire en 1840. Les renseignements que nous rapportons justifient par leur nouveauté ce pressentiment du doyen du corps des ponts-et-chaussées. Dans aucun pays du monde on n'a manié des caissons comparables pour l'étendue à celui de Brooklyn (16 ares) et pour la profondeur d'enfoncement à ceux de Saint-Louis (33 mètres sous l'eau). L'immobilisation de l'écluse à air au bas des puits ou cheminées d'accès est une innovation capitale. Les avantages attribués aux caissons en bois sur les caissons métalliques, — les cloisons séparatives, — le nombre, la forme et les dimensions des puits d'extraction, des puits d'accès et des puits destinés à l'introduction finale des matériaux de remplissage, — l'emploi des dragues de Morris et Cumings dans les terrains plus ou moins durs, comme à Brooklyn, — l'extraction automatique du sable au moyen d'un courant d'eau emprunté à un réservoir supérieur et agissant, à la façon de l'injecteur Giffard, sans piston ni soupapes ni engin mobile quelconque, dans un appareil aussi simple de construction que d'installation, — le mode d'éclairage des caissons, — les effets de l'air comprimé à trois atmosphères sur le phénomène chimique de la combustion et sur l'organisme humain, — les précautions prises en vue de protéger la vie des ouvriers, les observations faites sur la limite de profondeur à laquelle on peut travailler sous l'eau : voilà (pour ne rappeler ici que les points principaux) autant de questions, peu connues encore, sur lesquelles les faits consignés dans ce rapport nous paraissent jeter un jour précieux.

Nous avons enfin parlé des ponts américains modernes au point de vue de la navigation, nous avons constaté la sollicitude persistante de l'opinion publique et du gouvernement central pour les voies navigables. Celles-ci peuvent quelque jour reprendre un élan nouveau dans un pays dont on s'applique si bien à mettre en valeur toutes les ressources naturelles; aussi les protége-t-on contre

[1] Mort le 24 octobre 1870, dans sa quatre-vingt-dixième année.

des servitudes dont le poids pourrait se faire lourdement sentir plus tard. En permettant d'établir des ponts indispensables au développement des voies ferrées, le Congrès veut du moins n'imposer à des droits préexistants que les restrictions rigoureusement nécessaires. Ses ingénieurs y regardent de près ; ils examinent mûrement quelle est, à côté du débouché apparent des ponts, la largeur réduite par les déviations variables du courant et la profondeur diminuée par les ouvrages inférieurs à l'étiage. — Ces préoccupations de police administrative peuvent surprendre dans le pays classique de la liberté illimitée : elles n'en sont que plus instructives.

CHAPITRE II

CHEMINS DE FER

Ire SECTION. — RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX.

---

§ 1. — COUP D'ŒIL GÉNÉRAL SUR LES CHEMINS DE FER DES ÉTATS-UNIS.

Développement actuel des chemins de fer.

Nous avons dit dans l'introduction de ce rapport que l'établissement des chemins de fer aux États-Unis avait présenté deux phases distinctes, qu'on en avait ouvert 9.594 kilomètres de 1830 à 1849 et 66.000 de 1849 à 1869. Nous avons cité les premières lignes construites; parmi celles de la seconde période, voici les plus importantes et les dates d'ouverture :

1851. — Chemin de fer de l'Érié (*Erie Railway*), allant de New-York par Binghamton à Buffalo et à Dunkirk, sur le lac Érié.

1852. — Deux lignes traversant de l'est à l'ouest la presqu'île du Michigan (le *Michigan Central Railroad* et le *Michigan Southern*).

1853. — Arrivée à Wheeling (aujourd'hui capitale de la Virginie occidentale) du chemin de fer venant de Baltimore par Cumberland (*Baltimore and Ohio R. R.*)

1854. — Arrivée à Pittsburg d'une ligne venant de Philadelphie par Harrisburg (*Pennsylvania Central R. R.*). Arrivée au Mississipi (Rock-Island) d'une première ligne venant de Chicago.

1856-1857. — Ligne de Pittsburg à Chicago. Deux nouvelles lignes de Chicago au Mississipi (à Quincy et à Cairo).

1867. — Ligne de Chicago à Saint-Paul.

1869. — Chemin de fer du Pacifique.

Dans l'ensemble de l'immense réseau, quatre lignes attirent spécialement l'attention par l'importance de leur trafic en voyageurs et en marchandises. Partant du littoral de l'Atlantique, elles franchissent la chaîne des Alleghanys aux altitudes indiquées ci-après :

1° Le *New-York Central R. R.*, qui va de New-York (par Albany) à Buffalo	135	mètres
2° L'*Erie R. W.*	550	—
3° Le *Pennsylvania R. R.*	670	—
4° Le *Baltimore and Ohio R. R.*	800	—

Le nombre des kilomètres ouverts au 1er janvier 1870 était de 76.032[1], non compris les chemins à traction de chevaux, dont nous nous occuperons en parlant des travaux municipaux.

Pour une population de 38 millions d'habitants, cela fait 500 habitants par kilomètre de chemin de fer, c'est-à-dire de deux à trois fois moins que dans la Grande-Bretagne, de quatre à cinq fois moins qu'en France.

Réseaux.

Les innombrables compagnies entre lesquelles les chemins se trouvaient d'abord éparpillés ont depuis longtemps commencé à se fusionner pour s'entr'aider et se garantir réciproquement des effets de la concurrence; c'est une voie dans laquelle elles tendent à s'engager chaque jour davantage avec le concours d'une législation récemment transformée. Leur nombre est pourtant encore de 918 d'après le « Manuel » de M. Poor. Il n'existe encore que bien peu de réseaux dont le développement approche de celui des grands réseaux français. Il n'y en a que dix qui comprennent plus de 1.000 kilomètres. Un seul en comprend plus de 2.000 : c'est le Pennsylvania. Sortant des États-Unis, on peut y ajouter le « *Grand Trunk* » du Canada, qui va de Portland (Maine) à Montréal et à Détroit.

[1] Ce nombre approchera de 100.000 à la fin de 1871.

La dépense moyenne d'établissement paraît pouvoir être estimée par kilomètre ainsi qu'il suit : Dépense d'établissement.

Dans les six États de la Nouvelle-Angleterre (ceux du nord-est).	122.000 fr.
Dans les six États intermédiaires (à l'est).	165.000
Dans les douze États du Sud, pas au-dessus de.	90.000

Dans dix États de l'Ouest, à peu près le prix moyen.

Ce prix moyen serait de 130.000 francs environ.

La dépense totale serait donc de 10 milliards de francs, dépense inférieure à celle que la guerre civile de 1861-1865 a occasionnée à l'Union fédérale[1].

Très-peu de lignes, à ce qu'il paraît, donnent des dividendes à leurs actionnaires. Cela tient en partie à la nécessité de compléter et d'améliorer pendant de longues années un premier établissement réalisé à la hâte et dans des conditions purement provisoires. Mais cela provient aussi de l'irréflexion avec laquelle ont été entreprises bien des lignes qui, malgré un concert établi aux dépens du public, n'ont à se partager qu'un trafic insuffisant. Et, à ce propos, nous avons entendu les hommes les plus compétents rendre hommage au judicieux emploi fait de la fortune publique dans la distribution du réseau français; il y a là, suivant eux, de quoi dédommager la France de s'être laissé devancer dans la création des chemins de fer par l'Angleterre d'abord, puis par la Belgique, et même par l'Allemagne. Situation financière.

A la question de savoir comment il se fait qu'on trouve encore des actionnaires en Amérique, on répond que, dans la conviction de tous, il n'y a pas de ligne si mauvaise qui ne rapporte au pays trois ou quatre fois autant qu'elle a coûté. En termes plus clairs, la plupart des chemins américains paraissent constituer des affaires commerciales plutôt que financières. La plus-value qu'ils donnent aux prairies de l'Iowa, aux terres à blé de l'Illinois, aux forêts du Michigan, aux mines de charbon et de fer de la Pennsylvanie, aux entrepôts de Chicago et de Buffalo, à tous les échanges dont les banquiers de New-York sont les intermédiaires, cette plus-value est assez assurée pour stimuler efficacement le dévouement patriotique qui entraîne indéfiniment les capitaux vers

[1] D'autres évaluations portent la dépense moyenne par kilomètre à 140.000 francs et même à 150.000 francs. La dépense totale approchera de 15 milliards à la fin de 1871.

la construction des lignes nouvelles. — Nous reviendrons d'ailleurs, à la fin de ce chapitre, sur le mode de constitution des Compagnies de chemins de fer.

---

§ 2. — CONSTRUCTION.

I. — VOIE.

Des courbes.

Les courbes des tracés sont désignées ordinairement aux États-Unis, non par leur rayon, mais par l'angle au centre correspondant à une portion de courbe de 100 pieds de longueur. Le rayon R correspondant à l'angle de $n°$ se déduit de la relation

$$\frac{100}{\pi R} = \frac{n}{180}, \text{ d'où } R = \frac{5.730}{n}$$

Ainsi le rayon d'une courbe dite de 1° est 5.730 pieds = 1.748 mètres.
Celui d'une courbe. . . . . de 2° est 2.865 pieds = 874
Etc.

Le recueil de formules usuelles d'Hamilton donne (p. 137) les rayons correspondants aux courbes de 1° à 20°, rayons qui varient de 5.730 à 287 pieds, de 1.748 à 87 mètres.

Quand on veut trouver approximativement le rayon d'une voie courbe (p. 155 du même livre), on inscrit dans la concavité du rail une corde de 20 pieds (6m,10) de longueur, sur le milieu de laquelle on élève une perpendiculaire qui est la flèche ou le sinus-verse de l'arc sous-tendu. De la longueur mesurée de ce sinus-verse on déduit le rayon. Les calculs faits ont donné les nombres inscrits dans la 3e colonne du tableau d'Hamilton :

	SINUS-VERSE.	RAYON. EN PIEDS.	RAYON. EN MÈTRES.
1°.	$\frac{1}{8}$ de pouce.	5.730	1.748
10°.	$1\frac{1}{16}$	573	175
20°.	$2\frac{2}{16}$	286	87

D'après ce que nous avons entendu dire, le rayon minimum des courbes adoptées pour les chemins de fer de premier ordre (*first class railroads*) est de

4 à 500 pieds (de 120 à 150 mètres). Des courbes pareilles doivent faciliter considérablement les tracés dans les pays de montagnes, aux abords des villes, etc. Mais c'est là une limite extrême; et, à moins de difficultés spéciales, on ne descend pas au-dessous de 300^{m}.

Pour la désignation des pentes, on indique ordinairement le nombre de pieds par mille dont le chemin de fer monte ou descend. (Le mille de 1.609 mètres vaut 5.280 pieds.) Des pentes.

La règle générale est de ne pas dépasser 60 pieds par mille (11^{mm},3). Mais les limites généralement fixées aujourd'hui par les Cahiers de Charges sont celles qui ont été depuis longtemps adoptées sur la ligne de Baltimore à l'Ohio, savoir :

Pour les rayons des courbes : 400 pieds (122^{m}).

Pour les pentes : 116 pieds par mille ou $\frac{1}{45\frac{1}{2}}$ ou 22^{mm} par mètre.

Sur le chemin de fer de l'Érié, qui passe pour être à tous égards le plus hardi, les pentes n'excèdent pas 22^{mm}. Elles atteignent 88 pieds (17^{mm}) sur le New-York Central et 125 pieds (24^{mm}) sur le Pennsylvania.

Au début, et pour éviter provisoirement la construction d'un tunnel dispendieux, le chemin de fer de Baltimore à l'Ohio franchit une montagne au moyen de « zigszags » de $\frac{1}{18}$ (55^{mm}) d'inclinaison, sur lesquels on lançait successivement le train compris entre deux machines. On a momentanément employé le même système en 1869 pour gravir le versant occidental des montagnes de Wasatch.

Nous nous occuperons à part des plans inclinés sur lesquels les trains sont mis en mouvement par des machines fixes et des câbles.

Nous n'avons guère vu de tranchées un peu importantes que dans la traversée de la chaîne des Alleghanys. [*Nous faisons ici abstraction du chemin de fer du Pacifique, dont il sera parlé plus tard.*] Terrassements.

Nous avons vu encore moins de grands remblais. Les ingénieurs américains y substituent volontiers, surtout à titre provisoire, des estacades en charpente (*trestle works*).

Quelques lignes sont bordées de fossés curés avec soin et pourvues de buses transversales pour l'asséchement de la plate-forme. Mais ces dispositions, élémentaires en France, ne sont usitées en Amérique que là où elles sont rigoureusement nécessaires.

Il y a peu de ballast sur les lignes de l'Est, il n'y en a pour ainsi dire pas dans les grandes plaines de l'Ouest. On se borne à recouvrir de pierrailles, de sable ou de terre la portion des traverses qui est entre les rails.

Clôtures.

Les chemins de fer ne sont guère bordés de clôtures que par exception, dans la traversée de certaines prairies où sont des animaux en pâture. Les clôtures semblent avoir pour unique objet de protéger ces animaux. Elles sont établies quelquefois par les propriétaires riverains, plus souvent par les compagnies; mais elles manquent dans l'immense majorité des cas, et, en réalité, elles ne sont généralement pas nécessaires. Grâce à la puissante armature de fer placée comme un éperon à l'avant des locomotives américaines pour balayer la voie en rejetant les obstacles à droite ou à gauche, la rencontre des animaux n'est pas considérée comme compromettante pour la sûreté du train. On sait que cet engin porte le nom caractéristique de *cow-catcher*, *saisisseur de vaches*.

Il y a chaque semaine plusieurs vaches écrasées sur le chemin de fer de Norfolk à Weldon (Virginie), qui traverse des bois partiellement défrichés. On en compte moyennement une centaine par année sur le réseau du Philadelphia & Reading, qui a un développement de 877 kilomètres. C'est en général suivant la direction même de la voie que les vaches cherchent à fuir de leur galop lent et maladroit, en se retournant de temps à autre pour voir si la machine dont le sifflet les menace continue à s'avancer. Un jour, sur le chemin de fer du Pacifique, le mécanicien prit le parti d'arrêter le train dans lequel nous étions.

Si l'absence de clôtures étonne en pleine campagne, elle paraît bien plus extraordinaire dans les rues et aux abords des villes, quand les accotements au moins sont parcourus par un grand nombre de piétons. Les trains pénètrent, avec leurs locomotives en tête, dans des rues populeuses de quinze à vingt mètres de largeur seulement, par exemple à New-York, à Syracuse, à Philadelphie, à Baltimore surtout, en croisant à niveau toutes les rues transversales. On trouve suffisant que le mécanicien ralentisse sa marche et fasse sonner d'une manière continue la cloche placée sur la locomotive. — Cet état de choses est pourtant la cause d'assez fréquents accidents, et nous avons lu plus d'une fois dans les journaux du pays des articles demandant en termes très-vifs que l'on contraigne les Compagnies à clore leurs voies.

Nous n'avons presque pas vu de ponts sur-rails ou sous-rails pour routes ou chemins : les traversées s'opèrent généralement à niveau, à l'aide de madriers en sapin cloués sur les traverses. Passages à niveau.

Point de barrières mobiles, mais un simple écriteau avertissant de prendre garde aux machines et aux wagons (*Beware of engines and cars*). Le 16 juillet, un train dans lequel nous allions de Philadelphie au cap May traversa un chemin sur lequel stationnait, en attendant que le train fût passé, une voiture attelée d'un cheval et portant trois personnes. Le cheval s'effraya et s'élança sur la voie : il fut tué avec l'un des voyageurs et les deux autres blessés. On nous disait à cette occasion qu'il est d'usage de s'assurer, quand on achète un cheval, qu'il est dressé et habitué à l'allure bruyante des locomotives et des wagons.

Les grands ouvrages d'art des chemins de fer, ce sont les ponts sur les cours d'eau. Nous n'avons pas à revenir ici sur cet important sujet. Ouvrages d'art.

Nous n'avons vu de tunnels qu'à la traversée des Alleghanys et de la Sierra-Nevada. On en construit un dans l'État de Massachusetts qui aura sept kilomètres environ de longueur.

L'établissement du chemin de fer du Pacifique à des altitudes atteignant 2.500 mètres a exigé la construction d'ouvrages spéciaux pour abriter la voie contre la neige. Nous en parlerons plus tard.

On rencontre sur les chemins de fer des États-Unis ou du Canada les largeurs de voie indiquées ci-après : Largeur de voie.

LARGEUR.		EXEMPLES.
EN PIEDS ET POUCES.	EN MÈTRES.	
4′ 8″½	1m,436	De New-York à Philadelphie. — De New-York à Albany, Buffalo, Détroit, Chicago, Omaha.
4′ 9″	1m,449	De Philadelphie à Baltimore et de Philadelphie à Pittsburg.
4′ 9″½	1m,461	De Chicago à Cleveland.
4′ 10″	1m,474	Lake shore R. R. (chemin de fer du bord du lac), de Cleveland à Buffalo.
5′	1m,525	
5′ 6″	1m,678	Great-Western du Canada.
8′	1m,850	Chemin de fer de l'Érié, avec prolongement jusqu'à Cincinnati et Saint-Louis.

La voie de 1^{m},44 est de beaucoup la plus répandue.

Des wagons dont les roues ont un peu plus de largeur de jante (*Wide tread wheels*) circulent indifféremment sur les trois lignes de Philadelphie à New-York, à Baltimore et à Pittsburg, malgré la petite différence de 13 millimètres.

Le *Grand-Trunk* et le *Great-Western* du Canada ont un troisième rail et présentent ainsi la double largeur de 1^{m},44 et de 1^{m},68.

On a essayé divers procédés pour faire varier à volonté l'écartement des roues des wagons, ce qui permettrait au même matériel de circuler sur des voies de largeurs différentes. Le problème ne paraît pas avoir encore été résolu d'une manière bien satisfaisante. La disjonction des roues et de l'essieu semble devoir être toujours une cause de danger. Cependant ce danger a moins d'inconvénient pour le transport des marchandises, et c'est précisément là qu'il y a le plus d'intérêt à éviter les transbordements. Au mois de juin 1870 un wagon à écartement de roues variable est allé de New-York à San-Francisco et en est revenu dans les conditions que nous allons rapporter d'après l'*American Railroad Journal* du 23 juillet :

Ce wagon emprunta la voie large (1^{m},83) du chemin de fer de l'Érié jusqu'à Buffalo; de là jusqu'à Cleveland la voie de 1^{m},474 sur le chemin de fer du bord du Lac (*Lake Shore Railroad*); de Cleveland à Chicago la voie de 1^{m},461 ; puis, jusqu'à Council Bluffs, par le Chicago Rock-Island & Pacific, la voie ordinaire de 1^{m},436. Après avoir été arrêté pendant cinq jours par une crue du Missouri, le wagon traversa la rivière et prit à Omaha le chemin de fer du Pacifique, qui a la voie de 1^{m},436. Il mit ainsi quatorze jours et demi pour aller de New-York à San-Francisco. Au retour il quitta San-Francisco le 21 juin et arriva à New-York le 8 juillet; il avait mis dix-huit jours en y comprenant les arrêts.

Traverses.

Toutes les voies que nous avons vues sont posées sur traverses.

Ces traverses sont un peu plus fortes et plus rapprochées qu'en France. Il semble qu'on s'abstienne d'y pratiquer une entaille pour le rail et d'y forer des *avant-trous* pour les crampons.

On les fait ordinairement en chêne, en cèdre ou en *hemlock spruce* (espèce de sapin). En Californie on préfère le *redwood*, qui paraît complétement inaltérable. Depuis plus de trente ans des essais de conservation par injection ont été faits

dans les États de l'Est. La créosote est la substance qui a donné les meilleurs résultats. Le procédé le plus employé porte le nom du professeur Seely; c'est un perfectionnement du procédé Bethell, qui a été breveté en Angleterre en 1838.

Nous n'avons vu partout que le rail *américain*, le rail à patin importé et préconisé en Angleterre par M. Vignoles. Il est bien remarquable que les Américains aient trouvé dès 1833 cette forme si simple et si naturelle, à laquelle l'Europe presque tout entière revient aujourd'hui après avoir en vain cherché pendant plus d'un quart de siècle à trouver mieux. — Ce rail en général se pose directement sur les traverses. Rails.

Sur les voies principales du Philadelphia & Reading le rail pèse 32 kilogrammes par mètre courant. Il est moins lourd sur les voies secondaires. La hauteur et la largeur sont indiquées ci-après :

	VOIES PRINCIPALES.	VOIES SECONDAIRES.
Hauteur.	0m,115	0m,103
Largeur au milieu du champignon supérieur (à 0m,012 en dessous du sommet).	0m,063	0m,058
Largeur à la tige.	0m,017	0m,017
— à la base du patin.	0m,103	0m,100

On substitue sur plusieurs lignes importantes les rails d'acier aux rails de fer.

Les usines métallurgiques des États-Unis sont outillées en ce moment de manière à produire 2 millions et demi de tonnes de fonte et à fabriquer 1 million de tonnes de fer par an. La fonte s'obtient pour moitié environ avec l'anthracite et pour le surplus avec le charbon bitumineux ou le charbon de bois. — On estime que la production effective approchera en 1871 de 2 millions de tonnes pour la fonte et de 1.500.000 tonnes pour le fer, dont moitié pour rails. Les 7 ou 800.000 tonnes de rails qu'on obtiendra ainsi, y compris un douzième peut-être de rails en acier, ne formeront qu'un peu plus de moitié de la quantité nécessaire aux besoins de l'année courante. C'est à l'importation qu'on demande les 5 ou 600.000 tonnes qui manquent.

Le général Charles B. Stuart[1], récemment chargé de dresser le projet d'un Éléments d'un chemin de fer de premier ordre.

[1] Le même qui, comme ingénieur de l'État, construisit il y a vingt-cinq ans la grande forme de radoub en maçonnerie de New-York, dont il a publié la description.

chemin de fer qui suivrait à peu près la direction du *New-York Central* de New-York à Buffalo, résumait ainsi qu'il suit son programme technique :

Deux voies de $1^m,44$;

Tranchées et remblais de $7^m,32$ de largeur au niveau des rails;

Ponts en fer travaillant au sixième de la charge de rupture et pouvant supporter des locomotives du poids de 30 tonnes à la vitesse de 50 milles à l'heure (80 kilomètres);

Ballast en pierres cassées ou gravier de $0^m,30$ d'épaisseur sous les traverses;

Traverses de chêne blanc de $0^m,20$ sur $0^m,15$ et $2^m,44$ de longueur, dont l'espacement d'axe en axe n'excède pas $0^m,60$;

Drainage complet;

Rails d'acier pesant 30 kilogrammes par mètre courant, avec des plaques de joint et des attaches perfectionnées;

Voies de garage et aiguilles aux stations;

Rampes maxima de $3^{mm},78$ (20 pieds) dans la direction de l'Est, qui est celle des plus lourds transports, et de $5^{mm},67$ (30 pieds) dans la direction de l'Ouest.

Ce n'est là, nous le répétons, qu'un programme; mais il a le mérite d'indiquer ce que l'on considère aujourd'hui comme un *desideratum*. Appliqué à une longueur de 676 kilomètres, dans des conditions d'établissement que nous trouverions favorables, il conduit à une estimation de 200.000 francs environ par kilomètre (non compris le matériel roulant ni les indemnités de terrains).

Changements de voie.

On emploie généralement encore aux États-Unis pour les changements de voie le système des «rails d'entrepreneur », c'est-à-dire de deux rails mobiles autour des points extrêmes du *tronc commun* et se portant vers l'un ou vers l'autre des deux prolongements. Un train qui se dirige vers le tronc commun déraille nécessairement si l'appareil mobile est mal placé. Aussi tient-on cet appareil habituellement fixé dans le sens de la voie principale, avec un signal apparent qui en indique dans les deux cas la position.

On emploie d'ailleurs sur quelques lignes le système d'*aiguilles* usité en France. Nous l'avons vu fonctionner sur la ligne du chemin de fer de Philadelphie à Reading. Mais il y a un nouveau système qu'on préfère à celui-là, dont il existe environ soixante-dix applications faites sur la même ligne, et qui vient

d'être adopté après des expériences prolongées sur le réseau du Pennsylvania, un des plus importants et des mieux administrés de l'Amérique. Voici en quoi consiste la disposition imaginée par M. Wharton.

Deux aiguilles en acier Bessemer, solidaires et mobiles autour des points extrêmes de la voie *secondaire*, sont placées l'une à l'intérieur, l'autre à l'extérieur de la voie *principale*, dont elles peuvent joindre ou quitter les rails entièrement fixes et continus. L'aiguille intérieure est un rail creusé en forme de cuvette; l'aiguille extérieure est un rail ordinaire à champignon; toutes deux présentent un profil longitudinal convexe qui les élève dans la partie centrale au-dessus des rails de la voie principale. Tant que les trains ne circulent que sur cette voie, dans un sens ou dans l'autre, aucune pièce de l'appareil mobile n'est mise en jeu; c'est comme s'il n'existait pas de changement de voie. Quand un train venant du tronc commun doit prendre la voie secondaire, on fait l'aiguille en conséquence : la première roue de gauche de la locomotive, rencontrant par son boudin le fond plat et évasé de l'aiguille creuse, roule dessus et s'élève, en quittant le rail de la voie principale, jusqu'à ce qu'elle retombe par sa jante sur le rail correspondant de la voie secondaire, près du pivot de l'aiguille; pendant ce temps-là la première roue de droite, légèrement poussée vers la droite par un contre-rail fixe, arrive à porter à la fois par sa jante sur le rail de la voie principale et sur l'aiguille extérieure; mais celle-ci la soulève et la dégage après un parcours de $1^{m},37$ de longueur, pour la déposer ensuite sur le rail de la voie secondaire.

Les choses se passent exactement de la même façon quand un train se dirige de la voie secondaire vers le tronc commun. Si d'ailleurs, dans ce dernier cas, il arrivait qu'on eût oublié de faire l'aiguille, le train arrivant la ferait lui-même en refoulant latéralement, par la paroi verticale intérieure de sa première roue de gauche, une *troisième* aiguille dont le mouvement se transmet par une tige aux deux autres.

Les avantages de ce système sont évidents. Il ne fatigue pas inutilement l'appareil mobile; il ne le met en jeu que pour les trains qui se dirigent vers la voie secondaire ou qui en viennent. Il laisse intacts les rails de la voie principale, épargne au matériel roulant qui les parcourt les chocs et l'usure produits

par les solutions de continuité. Il supprime enfin le danger des aiguilles prises en pointe. Dans ces conditions, rien n'empêche de multiplier le long d'une ligne principale, sans compromettre la circulation des trains de grande vitesse, les embranchements qui sont si profitables aux localités traversées et au trafic local.

L'aiguille Wharton paraît donc constituer un perfectionnement précieux pour les chemins de fer. L'adoption du système par deux compagnies telles que celles de la Pennsylvanie et de Philadelphie à Reading est une sanction pratique sur laquelle nous appelons particulièrement l'attention.

Gares et stations.

Les gares et stations n'ont ni cour de départ, ni cour d'arrivée. Même pour les gares de tête, le *bâtiment des voyageurs* a généralement l'aspect d'une maison ordinaire, placée à l'alignement de la rue, sans aucune décoration architecturale. Sauf une petite chambre réservée aux dames, il n'y a pas d'autre salle d'attente qu'un vestibule de dimensions assez restreintes, pourvu de bancs et communiquant avec une buvette (*bar-room*). Le bureau de distribution des billets a un guichet ouvert sur le vestibule et un autre sur le salon des dames. Un petit local contenant le télégraphe électrique sert de bureau au chef de gare.

Les petites stations des chemins de fer aux États-Unis ne sont guère plus compliquées que les stations des omnibus dans Paris, et leur personnel n'est guère plus considérable. Nous verrons plus loin comment cela suffit à l'exploitation.

Télégraphe électrique.

L'appareil de Morse paraît être universellement employé sur les chemins de fer en Amérique. Breveté en 1840, il fonctionna d'une manière régulière à partir de 1844 sur la ligne de Baltimore à Washington. — Le professeur Morse a aujourd'hui 80 ans.

Réservoirs à eau.

Les réservoirs sont ordinairement en bois, quelquefois en tôle. La vapeur est en général le moteur employé pour élever l'eau. Nous avons vu fonctionner en Virginie une petite machine à air chaud du système Ericson. Sur le chemin de fer du Pacifique on emploie beaucoup les moulins à vent.

II. — MATÉRIEL ROULANT.

A. QUELQUES MOTS SUR LES LOCOMOTIVES.

Différences caractéristiques.

Depuis l'Exposition universelle de 1867, tout le monde sait qu'indépendamment de l'armature dont les locomotives américaines sont pourvues à l'avant, quatre traits principaux les distinguent à première vue des nôtres : le truck à cheville ouvrière qui supporte l'avant de la machine, l'absence de châssis en charpente, le pavillon qui abrite le mécanicien, et en général la forme du tuyau de cheminée.

Sous la boîte à fumée se trouve l'avant-train, qui consiste en un truck à quatre roues d'environ $0^m,50$ de diamètre. Les deux essieux portent, par l'intermédiaire d'un double ressort, un châssis en fer sur lequel est fixée la cheville ouvrière. La machine a en outre quatre roues motrices qui sont toujours couplées et dont le diamètre ne paraît guère excéder $1^m,30$ en général.

L'installation du mécanicien est si confortable que cet agent peut certainement fournir avec moins de peine un service plus prolongé. Nous avons plus d'une fois voyagé sur les machines, et l'abri ne nous a paru gêner en rien la surveillance à exercer soit sur la voie, soit sur la machine elle-même ; il est d'un usage universel en Amérique, et nous nous demandons pourquoi il n'est pas plus répandu en Europe.

Le tuyau de cheminée est coiffé d'un couvercle en treillis et entouré d'une enveloppe de tôle en forme de cône renversé. Le treillis, sans arrêter les gaz ni la fumée, sans gêner le tirage, retient les flammèches du combustible végétal et les rabat dans le cône inférieur qui les évacue par un tube spécial.

Nous avons déjà eu occasion de mentionner la cloche placée au-dessus de la chaudière et que le mécanicien fait sonner en tirant une corde. Les cloches n'ont pas toutes le même timbre ; dans les grandes gares où plusieurs locomotives circulent, surtout quand la nuit est venue, c'est un véritable carillon.

La cloche est moins désagréable que le sifflet à vapeur pour les habitants des villes ; on réserve le sifflet pour les circonstances imprévues, pour le cas

par exemple où il faut faire serrer les freins. Sur les lignes de l'Ouest le sifflet rend un son grave, analogue à un mugissement.

rein à contre-vapeur. M. Gowen, président de la Compagnie du chemin de fer de Philadelphie à Reading, nous a dit qu'il avait, sur des indications envoyées par M. Le Châtelier, fait appliquer à deux locomotives le mécanisme permettant d'appliquer la contre-vapeur au ralentissement des trains, et que cette application avait donné des résultats très-satisfaisants. (Voir ci-après, 2e section, § 2, III, 10°, chemin de fer de Philadelphie à Reading.)

B. CAISSE DES WAGONS A VOYAGEURS.

Les wagons américains diffèrent essentiellement des nôtres par l'existence du couloir longitudinal. L'absence de portières latérales permet de leur donner plus de largeur tout en diminuant l'entrevoie, et leur longueur est plus que double. Une autre différence fondamentale, c'est que la caisse repose sur deux chariots ou trucks indépendants auxquels elle est unie par des chevilles ouvrières, ce qui permet aux wagons de tourner dans des courbes beaucoup plus roides. Nous nous occuperons successivement des caisses et des trucks; nous ajouterons quelques mots sur les freins et sur le mode d'attelage des wagons.

Il n'y a généralement qu'une classe de voyageurs aux États-Unis. Sur certaines lignes où l'on avait établi deux classes, il ne se trouva personne pour prendre la seconde. Cependant, quoique les distinctions sociales ne soient pas là-bas ce qu'elles sont chez nous et que le sentiment de l'égalité en toutes choses y soit bien plus développé, on y tient plus ou moins au confort et tout le monde n'a pas au même degré la faculté de le payer; les longs voyages ont d'ailleurs créé des besoins nouveaux, et les voyages de nuit se sont imposés à la répugnance primitive des Américains : on a été ainsi conduit à établir sur presque toutes les lignes des wagons spéciaux ou wagons de luxe dans lesquels on prend place en payant un supplément et qui sont, au fond, des wagons de première classe. Nous nous occuperons d'abord des wagons ordinaires, puis des wagons spéciaux.

1° WAGONS ORDINAIRES.

En général la caisse a 2m,90 de largeur et 13m,52 de longueur, non compris les deux plates-formes ou paliers de 0m,75 qui se trouvent en dehors. La hauteur intérieure est de 2m,30 à 2m40 contre les parois ; mais le plafond, qui est légèrement cintré, présente dans le milieu et sur une largeur de 1 mètre à 1m,20 un surhaussement de 0m,60 à 0m,80 qui porte à 3 mètres environ la hauteur totale. Le wagon s'élève ainsi à 4 mètres au-dessus des rails. Dimensions générales.

On accède à chaque extrémité du wagon par deux escaliers transversaux à double versant et de trois marches chacun. La marche inférieure est à 0m,50 ou 0m,60 au-dessus des rails. Il n'est pas commode de monter ou de descendre ainsi sans trottoir, en pleine voie, comme on le fait dans les petites stations ou même sur les voies intermédiaires de stations d'une certaine importance ; mais en général il y a un trottoir en bois établi au niveau même de la marche inférieure. — Le palier formé par le prolongement de la marche supérieure a de 1m,50 à 1m,60 de longueur ; il est à 0m,10 environ en contre-bas du plancher du wagon. Un garde-corps règne le long des deux branches de l'escalier et du palier, mais avec une lacune au milieu, de 0m,70 environ de largeur, qui permet de passer d'un wagon à l'autre en enjambant l'intervalle (de largeur variable) qui sépare les deux paliers voisins. Ce passage d'un wagon à l'autre n'est pas absolument sans danger quand les wagons marchent à grande vitesse et sont fortement secoués ; mais lorsque l'écartement atteint 0m,40 ou 0m,50, on relie les deux paliers par un panneau de bois. Puis les voyageurs ne passent que s'ils le veulent bien. Un avis affiché leur interdit même de stationner sur les paliers ; mais cette interdiction est purement comminatoire. Comme il est bien entendu qu'ils ne s'y tiennent qu'à leurs risques et périls, tout ce qu'on leur demande, c'est de ne pas gêner le maniement de la manivelle de frein contiguë à chaque palier. Nous avons passé ainsi de longues heures sur le palier d'arrière du dernier wagon des trains : observatoire commode pour examiner la voie et le pays. Escaliers d'accès et paliers.

Ces paliers et leurs escaliers ont deux autres avantages encore. Le premier, c'est que l'accès en est si facile qu'on peut mettre le train en marche, lentement

à la vérité, en laissant aux voyageurs attardés le soin de rejoindre. Un autre avantage, qui nous frappa dès le premier jour où nous abordâmes un chemin de fer à New-York (celui de l'Hudson River), c'est qu'un train stationnant devant un trottoir, on peut faire passer entre ses wagons les voyageurs qui doivent prendre de l'autre côté un train destiné à partir plus tôt : quelques marches à monter et à redescendre n'embarrassent nullement un public américain, et l'on évite ainsi des circuits plus ou moins longs dans les gares.

Portes. Les portes du wagon ont environ 0m,70 de largeur et 2 mètres de hauteur. Leur mode de fermeture est celui des portes ordinaires d'appartement. Le panneau supérieur est vitré.

Couloir central. Le couloir central ménagé dans l'axe du wagon a de 0m,60 à 0m,70 de largeur.

Siéges. De chaque côté du couloir sont quatorze banquettes transversales espacées de 0m,90 d'axe en axe et contenant chacune deux places dans leur longueur de 0m,97. Les dossiers, qui ne s'élèvent guère qu'à 0m,85 au-dessus du plancher, n'empêchent pas la vue de s'étendre dans toute la longueur du wagon. Ils présentent en outre cette particularité de pouvoir tourner, grâce à deux tiges articulées qui les retiennent aux extrémités, autour d'un axe correspondant au milieu du siége : ils se placent ainsi en avant ou en arrière. Cette disposition supprime, au besoin, les places à reculons et permet à trois ou quatre personnes de se grouper dans un isolement relatif. — Mais ces avantages sont contre-balancés, dans les longs trajets ou les voyages de nuit, par l'impossibilité d'appuyer la tête sur ces dossiers trop bas. J'ai parcouru par curiosité pendant la nuit, sur le chemin de fer du Pacifique, de ces wagons ordinaires remplis de monde, hommes, femmes, enfants, succombant à la fatigue de plusieurs journées de voyage continu et dormant dans les attitudes, dans les postures les plus tourmentées et les plus pénibles. Combien ils se fussent mieux trouvés alors d'avoir des dossiers fixes et plus élevés ! — Il convient de noter aussi que quand les dossiers sont placés tous dans le même sens, en arrière du siége (ce qui est le cas ordinaire), le dossier de la banquette antérieure se dresse si près des yeux que cette proximité ne serait pas tolérable si l'on ne pouvait pas voir par-dessus.

A chaque banquette correspond une fenêtre munie d'une glace, d'une persienne, et quelquefois d'une toile métallique à mailles très-fines. Ces divers obturateurs s'effacent en disparaissant non pas en dessous de la fenêtre, comme dans les wagons français, mais en dessus, comme ces croisées à guillotine qui sont d'un usage universel en Amérique. Cette différence s'explique par la nécessité de loger en dessous des ouvertures une poutre armée qui supporte la moitié du poids de la caisse et repose sur deux appuis espacés de 9 à 10 mètres. — Les glaces se meuvent dans d'étroites rainures où elles ne peuvent pas ballotter, de sorte qu'on est affranchi du bruit produit souvent en France par la trépidation des vitres; mais la manœuvre de ces châssis est assez difficile et elle est subordonnée à des ressorts qui souvent ne fonctionnent pas bien. Fenêtres.

La ventilation des wagons ne dépend qu'en partie des fenêtres dont nous venons de parler. Elle est assurée par d'autres fenêtres, de 0m,50 de largeur sur 0m,20 de hauteur, placées dans les parois plus ou moins verticales du surhaussement. Dans certains wagons, la glace de ces petites fenêtres est à volonté mobile autour de l'un ou l'autre de ses bords verticaux, et on l'ouvre partiellement du côté vers lequel le wagon marche : l'ouverture entre-bâillée devient alors le lieu d'un courant d'air du dedans au dehors, dans le sens opposé à la marche du train. Ce courant d'air est très-sensible; une allumette s'y éteint aussitôt. On conçoit que les choses se passent comme si, le wagon restant immobile, l'air extérieur se portait vers l'arrière en longeant la paroi et opérait un appel d'air à la rencontre des fenêtres entre-bâillées. Le wagon marchant alternativement dans les deux sens, il faut que l'axe de rotation puisse être changé. Ventilation.

Nous avons voyagé sur le Michigan Central, entre Détroit et Chicago, dans des wagons pourvus chacun d'un appareil spécial de ventilation. Les glaces des fenêtres étaient fixes à l'exception d'un vasistas ovale, de 0m,15 de largeur et 0m,30 de hauteur, mobile autour de son petit axe. Mais il y avait un ventilateur qui, recevant son impulsion du mouvement même des roues, envoyait dans la partie supérieure du wagon de l'air pris en dessous de la caisse et passant par une boîte à compartiments où de l'eau, constamment agitée, le dépouille de la poussière dont il est chargé. Ce mode de ventilation a été (nous a-t-on dit) abandonné par d'autres compagnies qui l'avaient adopté d'abord. Il a l'inconvénient, qui

peut être grave par les grandes chaleurs, de cesser de fonctionner pendant la durée des stationnements du train.

Chauffage. Les wagons sont généralement chauffés au moyen de deux poêles à houille placés aux deux extrémités. Ce n'est pas seulement pendant l'hiver qu'on s'en sert. Nous les avons vu allumer au mois d'août, le matin, pendant quelques heures, dans la traversée des hauts plateaux de l'Amérique centrale. En cas de collision de trains, le renversement du foyer des poêles communique presque inévitablement le feu au wagon. Pour prévenir ce grave inconvénient, il est question de placer le foyer en dessous de la caisse du wagon (Philadelphia & Reading Railroad).

On a fait des essais pour l'introduction d'un système de circulation d'eau chaude dans les wagons de luxe. Une petite chaudière verticale à foyer intérieur, ne tenant pas plus de place qu'un poêle ordinaire, communique par le haut et par le bas avec deux tubes qui circulent sous les banquettes. Ces tubes ont de 4 à 5 centimètres de diamètre; ils sont en fer étiré et assemblés par des manchons à vis. Suivant M. Bauer, directeur des ateliers de construction Hallan & Hollingworth à Wilmington (Delaware), les essais ont été très-satisfaisants. En cas de collision de trains, l'eau de la chaudière éteindrait vraisemblablement le feu.

Éclairage. L'éclairage des wagons ordinaires et souvent même celui des wagons de luxe laissent beaucoup à désirer relativement aux facilités que procure le surhaussement des wagons. Il y a trois ou quatre globes fixés au-dessous du dôme longitudinal; on y place, de l'intérieur, des lampes ou des bougies qui ne jettent dans cette grande salle de 12 à 15 mètres de longueur qu'une clarté douteuse.

Nous avons cependant vu des wagons de luxe parfaitement éclairés au gaz comprimé sur le chemin de fer de l'Hudson River. Le même mode d'éclairage est appliqué aux wagons ordinaires du Philadelphia & Reading. Le fanal des locomotives de ce dernier réseau (et de plusieurs autres), alimenté par un petit réservoir et muni d'un grand réflecteur, projette sur la voie une lumière remarquablement vive.

Cabinets d'aisances. Chaque wagon est pourvu d'un cabinet d'aisances occupant en général $1^{m},30$

sur 0m,85. Ce cabinet, qui contient un siége ordinaire et un urinoir en fonte émaillée, reste presque toujours très-propre. Les matières tombent directement sur la voie : solution très-simple, qui n'a pas d'inconvénients sérieux en pleine campagne, mais qui en a (suivant nous) dans les stations.

Les cabinets d'aisances sont indispensables avec d'aussi longs parcours et pour un peuple aussi voyageur que les Américains, qui se plient si bien aux privations nécessaires, mais qui ne se plient qu'à celles-là.

Eau glacée.

On trouve à l'entrée de chaque wagon une fontaine d'eau glacée et un verre. Le réservoir, d'une capacité de 30 à 40 litres, est logé dans un coin et en haut du cabinet d'aisances. Le même verre sert à tout le monde.

Communication des voyageurs avec le mécanicien.

Avec les grands wagons américains et la possibilité de circuler d'un bout à l'autre du train, les voyageurs n'ont qu'un intérêt secondaire à communiquer avec le mécanicien. Ils en ont cependant le moyen à leur disposition. Un cordeau, attaché par une de ses extrémités à un timbre fixé sur la locomotive, s'étend d'un bout à l'autre du train en passant sous la partie surhaussée des wagons. Dans chaque wagon le cordeau est soutenu par des anneaux. Il est d'ailleurs formé d'autant de tronçons qu'il y a de wagons. Des paliers extérieurs on saisit les deux bouts des tronçons et on les réunit par un système d'agrafe qui laisse subsister extérieurement la forme cylindrique nécessaire pour que le cordeau puisse glisser dans les trous dont sont percées les cloisons d'avant et d'arrière des wagons.

Marchand ambulant.

Dans chaque train circule un marchand qui vient offrir au public des livres, des journaux, des fruits, des cigares.

Fumeurs.

On fume très-peu sur les chemins de fer des États-Unis. On ne fume que sur les paliers extérieurs, ou dans un wagon (assez souvent malpropre) placé en tête du train, ou enfin dans quelque petit compartiment réservé de certains wagons de luxe.

2° WAGONS SPÉCIAUX.

Wagons à compartiments clos et à salons.

Nous avons voyagé sur le chemin de fer de Baltimore à Philadelphie dans un wagon qui comprenait un salon et neuf compartiments clos en forme de cabines.

Le salon était au centre. Il ne comptait que six fauteuils, des fauteuils de forme ronde, isolés et pivotant autour d'un axe fixe. Nous signalons cette disposition comme très-commode au point de vue des positions variées qu'elle permet de prendre relativement aux voisins, aux courants d'air, etc. De grandes vitres, des glaces, une décoration élégante, ajoutent à l'agrément de ce salon central, dans lequel d'ailleurs le nombre des siéges est si restreint.

D'un côté du salon sont six compartiments séparés par un couloir central en deux groupes de trois. Chaque compartiment présente deux banquettes placées en regard l'une de l'autre et dont chacune compte pour deux places. La porte est à coulisses. (Il n'y a guère que les deux portes extérieures du wagon et celle du cabinet d'aisances qui s'ouvrent en tournant autour d'un axe vertical.) Ces compartiments à quatre places parcimonieusement mesurées, où l'air ne se renouvelle que dans de mauvaises conditions, sont bien moins agréables que ceux des wagons de première classe en France : suivant qu'on ouvre ou qu'on n'ouvre pas la glace du côté extérieur, on est mal à l'aise sur la banquette d'arrière ou sur celle d'avant.

Cet inconvénient existe aussi, mais à un degré un peu moindre, pour trois compartiments clos, à deux banquettes et six places chacun, qui existent vers l'autre extrémité du wagon, le couloir se trouvant alors rejeté sur l'un des côtés. Ces compartiments clos ou cabines n'ont réellement d'avantage que lorsqu'on tient à s'isoler ou à se grouper en famille.

Un épais tapis recouvre le plancher du wagon entier.

Nous avons retrouvé le même système sur le chemin de fer de l'Hudson River, entre Westpoint et Albany, avec substitution d'un divan à deux des siéges pivotants. Le salon était brillamment éclairé par un lustre alimenté au gaz.

De Saint-Louis à Cincinnati, le wagon où nous étions présentait deux compartiments à divans, de six places chacun, isolés et séparant trois salons à fauteuils fixes et très-confortables. Le salon d'une des extrémités ne comprenait pas moins de 13 siéges, avec un guéridon au milieu. Les deux autres étaient plus restreints. On avait, par une faveur inusitée, affecté aux fumeurs un de ces derniers salons. (Cette ligne a la grande voie de 1^{m},83 de largeur.)

Wagons-restaurants. Nous avons vu sur le Chicago & North-Western Railway, entre Chicago et

Omaha, un wagon-restaurant de la compagnie Pullman. Les banquettes à deux places qui sont à gauche et à droite du couloir central ont des dossiers fixes et communs de deux en deux, de sorte qu'elles constituent des stalles à quatre places dans chacune desquelles on peut intercaler une table étroite. A une extrémité du wagon est le comptoir d'où l'on dirige tout le service ; derrière le comptoir est la cuisine. Ici donc comme dans les hôtels américains les repas se prennent dans une salle commune, mais isolément. Les voyageurs viennent des autres wagons à mesure que les tables sont disponibles. On payait 1 dollar pour un déjeuner qui eût coûté 75 cents à un buffet du chemin de fer. — Le wagon-restaurant n'est attelé au train que pour l'heure des repas. C'est une spécialité qui évidemment ne répond qu'à des besoins exceptionnels.

Wagons à lits. (*Sleeping cars.*)

Les wagons pourvus de lits sont très-répandus, ils sont entrés complétement dans la pratique des voyages.

Pendant le jour ces wagons offrent à peu près l'aspect des wagons ordinaires. Au centre sont deux séries de banquettes transversales disposées dos à dos, avec interposition d'une cloison mince qui s'élève à 1 mètre ou 1^{m},20 au-dessus du plancher. On peut, comme dans les wagons-restaurants, introduire une table étroite entre les deux banquettes de chaque *section* ; elle se trouve ainsi dans l'axe d'un trumeau quelquefois garni d'une glace reflétant la lumière d'une bougie qu'on fixe en avant. Les six ou huit sections forment par leur ensemble une sorte de salle commune. En avant et en arrière sont plusieurs compartiments clos qui rejettent le couloir sur l'un des côtés ou le laissent au centre. — Toutes les fenêtres sont souvent pourvues d'une double glace qui protége mieux contre le froid et la poussière et prévient les inconvénients immédiats de la rupture d'une glace unique. Enfin toutes les recherches de confort et de décoration que comportent les wagons à salons sont également appliquées aux wagons qui doivent se transformer pour la nuit en dortoirs. Quand le jour tombe, les banquettes disparaissent pour faire place à des couchettes superposées deux à deux, dans le genre de celles qui existent à bord des paquebots.

Les wagons de la compagnie Pullman, qui sont les plus répandus et sur lesquels nous avons voyagé de Chicago à Omaha, puis d'Omaha à Ogden, comprennent six sections et quatre cabines, celles-ci placées d'un même côté du

couloir. Les *Silver palace cars* (wagons à palais d'argent) de la ligne d'Ogden à San Francisco, construits sur le même principe, mais postérieurement, et avec des perfectionnements indiqués par l'expérience pour l'aménagement intérieur, n'ont que deux compartiments clos ou cabines au lieu de quatre. On en construisait même au mois de Septembre à l'usine de Wilmington, dans lesquels les compartiments devaient se réduire à un seul. La tendance est donc d'agrandir de plus en plus la salle commune.

On forme le sommier de la couchette inférieure avec les coussins des siéges et des dossiers des deux banquettes de la section. Les coussins des siéges, qui ont 0m,90 environ de longueur et 0m,45 de largeur, se juxtaposent entre les deux banquettes, appuyés sur le bord des siéges, à 0m,40 au-dessus du plancher. En rabattant les coussins des dossiers, qui ont 0m,90 de longueur et 0m,45 de largeur, on allonge le sommier de 0m,90 et on lui donne ainsi 1m,80 de longueur totale sur 0m,90 de largeur. Sur ce sommier on pose un matelas avec une couverture, des draps et deux oreillers. — La couchette supérieure, à laquelle on accède généralement au moyen d'un marchepied, repose sur un cadre en menuiserie mobile autour d'une charnière fixée à la paroi du wagon. Quand elle est abaissée horizontalement, le bord antérieur est soutenu par deux petits câbles en fil de fer ou deux tringles de cuivre en forme de haubans. Pendant le jour ce cadre, partiellement relevé, forme comme un pan coupé qui raccorde la paroi verticale du wagon avec celle du dôme longitudinal. Il masque ainsi un vide où l'on resserre toute la literie de la couchette supérieure et une partie de celle de la couchette inférieure.

Dans les *Silver Palace Cars*, le système de la couchette supérieure est plus compliqué, mais plus satisfaisant sous divers rapports. Indépendamment de la charnière contiguë à la paroi du wagon, le cadre présente une articulation longitudinale qui permet de relever verticalement la partie antérieure, tandis que le surplus du cadre reste incliné : ce relèvement partiel dégage le haut du wagon et permet de donner plus de largeur au dôme longitudinal. En outre, la charnière contiguë à la paroi du wagon est susceptible de monter ou descendre, et avec elle le cadre entier, de sorte que, quand la couchette est inutile, on s'en débarrasse plus complétement. Un troisième mécanisme permet d'in-

cliner légèrement la couchette vers l'intérieur du wagon quand le domestique doit faire le lit, ce qui facilite beaucoup cette opération après laquelle il relève la couchette de façon à la rendre horizontale. L'addition d'une colonnette d'*argent*, reposant sur la cloison séparative des sections, a facilité ces installations mobiles sans nuire en rien à la commodité du service de jour et à l'effet décoratif du wagon.

Deux épais rideaux d'étoffe, qu'on enlève pendant le jour et qu'on accroche le soir à une barre fixée à la base du dôme longitudinal, séparent du couloir les deux couchettes de chaque section. L'isolement peut être considéré comme suffisant dans les wagons Pullman quand le voyageur a soin de réunir effectivement les deux rideaux par les quelques boutons dont ils sont munis à cet effet. Dans les *Silver Palace Cars*, un troisième rideau masque le vide qui subsiste généralement entre les autres. — On ne peut guère se déshabiller qu'assis sur le bord de la couchette. Or les wagons Pullman n'ont réservé qu'une hauteur insuffisante à cet effet entre les deux lits superposés. Aucune des améliorations introduites dans les *Silver Palace Cars* ne m'a paru plus utile qu'un accroissement de quelques centimètres donné à cet espace intermédiaire.

Le matin, on se rend en manches de chemise et les uns après les autres à un lavabo installé à l'une des extrémités du wagon, près du poêle; c'est le cabinet de toilette commun. Sur les wagons Pullman, il n'y a qu'un lavabo et un cabinet d'aisances pour les deux sexes; sur les *Silver Palace Cars*, l'un et l'autre service sont installés en double, aux deux extrémités du wagon.

Cet ensemble de dispositions fonctionne bien, grâce à la discrétion des mœurs américaines, grâce à une tolérance réciproque et au profond respect dont le sexe faible est entouré partout. Mais nous doutons que cette simplicité d'organisation fût applicable en tout pays.

Les couchettes des chemins de fer sont beaucoup plus larges que celles des paquebots transatlantiques : elles sont considérées comme des lits de deux personnes (*double beds*); mais il est très-rare que la même personne ne retienne pas une couchette tout entière. On peut d'ailleurs, dès que l'on paye une place, retenir les deux couchettes à la fois.

Les wagons sont remarquablement bien suspendus, ce que l'on apprécie sur-

tout dans la partie centrale. Quand la voie est bonne et la vitesse modérée, on dort généralement bien. Mais sur certains chemins de fer, tels que celui de Saint-Joseph à Saint-Louis, la voie est tellement rude qu'on est secoué comme sur une forte mer; il n'est pas possible de se tenir couché sur le côté; le lit ne sert plus à grand'chose.

Wagons-hôtels.

La Compagnie Pullman a réuni dans quelques wagons les aménagements nécessaires pour nourrir et coucher les voyageurs. Il suffit évidemment pour cela d'allonger les wagons à lits de manière à y avoir une cuisine et les armoires ou cabinets nécessaires pour contenir des provisions, ainsi que le linge de table et la vaisselle. Nous avons voyagé du Niagara à Détroit sur un wagon de cette espèce dont la longueur insolite nous frappa : la caisse avait environ 21 mètres et reposait sur deux trucks de quatre essieux chacun; le wagon entier pesait 35 ½ tonnes.

Au printemps de 1870, il y avait (à ce qu'on nous a dit) de ces wagons-hôtels qui, deux fois par semaine, partaient de New-York pour San Francisco. Ils passaient dans un *ferry-boat* la rivière de Détroit et le Missouri. Ce service bihebdomaire n'existait plus au mois d'Août. — Il ne nous a pas paru que ce fût une lacune bien regrettable. Les buffets de la ligne du Pacifique sont presque tous convenables, les heures d'arrêt bien réglées, et c'est un véritable repos que de se promener un peu sur la terre ferme pendant la durée surabondante des stationnements affectés aux repas. Gagner un demi-jour sur un voyage de six ou sept, par la suppression de ces arrêts, ne serait pas à nos yeux un avantage réel.

Mode d'exploitation des wagons de luxe.

M. George Pullman, qui le premier (dit-on) imagina les wagons à lits, a pris un brevet et fondé une société pour l'exploitation de ce brevet. Certaines Compagnies de chemin de fer, telles que celles du Central Pacific (d'Ogden à Sacramento) et du North Missouri River (de Saint-Joseph à Saint-Louis) se servent de wagons à lits qui leur appartiennent et n'ont qu'un droit de brevet à payer à la Compagnie Pullman. Mais le plus souvent cette dernière Compagnie fournit ses wagons, reste chargée de l'entretien et du service intérieur et perçoit le supplément dû par les voyageurs, tandis que les Compagnies de chemin de fer, qui ne reçoivent des voyageurs que le prix ordinaire, opèrent la traction à leurs

frais et sont chargées de l'entretien extérieur, notamment du graissage des essieux. Le prix généralement perçu par voyageur et par nuit est de 2 dollars environ : prix plus que double de ce qu'il devrait être, dans l'opinion de quelques hommes compétents.

Le service intérieur de chaque wagon à lits est fait par un domestique spécial, qui ne le quitte pas, un homme de couleur habituellement. Les sections sont numérotées, et les couchettes retenues sont indiquées sur un petit plan. Quand on prend les deux couchettes d'une même section, on a droit pendant le jour aux quatre places des deux banquettes correspondantes.

Wagons à grands dossiers articulés.

Avant de quitter les caisses de vagons, nous mentionnerons encore quelques autres wagons spéciaux.

Nous avons vu sur le chemin de fer de Philadelphie à Baltimore et sur celui de Weldon à Richmond des wagons dont les siéges sont des fauteuils articulés. Le dossier peut s'incliner beaucoup, tandis que le siége est muni d'un appendice qui peut se relever pour soutenir les jambes.

Wagons à banquettes longitudinales.

Le chemin de fer de Scranton à Carbondale (Pennsylvanie), construit spécialement pour le transport des houilles, est une ligne à voie étroite ($1^m,20$ seulement) dont les wagons ont des banquettes disposées comme celles d'un omnibus. Les chevilles ouvrières, au lieu d'être placées sous la caisse, sont sous les paliers, dont le niveau est un peu supérieur.

Un de ces wagons, sur lequel nous avons circulé, porte des paliers allongés de manière à recevoir à droite et à gauche une banquette où deux personnes peuvent se placer. C'est une disposition commode pour l'inspection de la voie.

Wagons-locomotives.

Un véhicule bien supérieur à ce dernier point de vue, c'est le wagon-locomotive sur lequel M. Gowen, président du chemin de fer de Philadelphie à Reading, a bien voulu nous promener pendant deux jours pour nous faire visiter, sans aucune perte de temps, les principaux points de son réseau et de la région carbonifère dont Pottsville est le centre. La chaudière n'a que $0^m,50$ de diamètre extérieur. Elle est surmontée d'un plancher et d'un salon entièrement vitré où il y a deux banquettes longitudinales ; sept personnes peuvent s'y tenir aisément assises. Le tuyau de cheminée traverse le salon à son extrémité antérieure ; à droite

et à gauche de ce tuyau sont deux portes donnant accès à un palier extérieur. Vers l'arrière une cloison, vitrée à la partie supérieure pour ne pas masquer la vue au mécanicien, sépare le salon de l'espace où se tient cet agent ainsi que le chauffeur. Le charbon enfin est relégué à l'arrière de la machine.

C. DES TRUCKS DE WAGONS.

1er système. Le système de truck le plus simple que nous ayons vu consiste en un *châssis* de bois reposant par l'intermédiaire de quatre tampons cylindriques en caoutchouc sur les boîtes à graisse de deux essieux. Les plaques de garde, qui sont en fonte, sont boulonnées sur les flancs de ce châssis.

Une traverse centrale du châssis porte un plateau de fonte à gorges annulaires, de $0^m,20$ environ de diamètre extérieur, dans lequel s'emboîte un plateau analogue fixé, lui aussi, à une traverse faisant partie du cadre inférieur de la caisse. Cet emboîtement annulaire est complété par un gros boulon vertical, de $0^m,05$ environ de diamètre, qui traverse de part en part non-seulement les deux plateaux de fonte, mais aussi les deux traverses.

La caisse ne pouvant être que dans un état d'équilibre peu stable sur une base aussi petite, deux pièces de fonte fixées en saillie aux extrémités de la traverse centrale du châssis du truck, et répétées par d'autres fixées sous la caisse, servent à limiter l'oscillation transversale.

Dans ce système, il n'y a pas d'autre matière élastique interposée entre la caisse et les boîtes à graisse que les quatre tampons en caoutchouc de chacun des deux trucks. Toute la *suspension* est là.

2e système. Un second système, appliqué par exemple à des wagons récemment construits à Wilmington (Delaware) pour le Lehigh Valley Railroad, est le suivant.

La traverse centrale du précédent châssis est partagée longitudinalement en deux autres laissant entre elles un vide dans lequel on suspend, à l'aide de quatre tiges articulées, un bâti susceptible de prendre un mouvement transversal (*Swing motion*). Ce bâti pourrait se borner à une traverse portant, comme tout à l'heure, un plateau de fonte et deux tasseaux : on aurait déjà gagné cet

avantage que, les tiges de suspension pouvant osciller transversalement à la voie, le choc imprimé par les rails au boudin des roues et transmis à peu près intégralement au châssis du truck, au lieu de se transmettre de même à la caisse, n'arriverait à celui-ci que diminué beaucoup par l'oscillation des tiges. Dès ce moment la caisse, suspendue suivant deux directions perpendiculaires, à la façon d'un berceau, serait protégée à la fois contre les chocs verticaux et contre les chocs transversaux.

Mais on a fait plus. On a profité de l'introduction de ce bâti mobile pour ajouter un deuxième ressort de suspension. La traverse suspendue a été en quelque sorte dédoublée dans le sens de sa hauteur et remplacée par deux autres que séparent deux paires de ressorts elliptiques en acier, disposés parallèlement aux traverses.

Le mouvement de lacet se fait sentir beaucoup moins.

Dans les deux systèmes qui précèdent, l'efficacité des quatre tampons en caoutchouc qui reposent sur les boîtes à graisse est bornée par leur peu de hauteur, c'est-à-dire par le peu d'espace disponible entre les boîtes à graisse et le dessous du châssis du truck. Pour obvier à cet inconvénient, voici ce qu'on a fait dans les nouveaux wagons à lits du chemin de fer du Pacifique. 3e système.

Les quatre tampons de caoutchouc adaptés sous le châssis portent, non plus sur les boîtes à graisse, mais sur une forte barre de fer qui va d'une roue à l'autre et se relève en se courbant à ses extrémités, de manière à s'appuyer à son tour sur les boîtes à graisse par l'intermédiaire d'un petit tampon en caoutchouc : on gagne ainsi, pour le tampon principal, la différence de niveau de cette barre de fer et des boîtes à graisse. Cela permet en même temps d'augmenter le diamètre du tampon, diamètre généralement égal à la hauteur.

Les ressorts en caoutchouc placés directement sur les boîtes à graisse ont l'inconvénient de fondre si l'essieu vient à chauffer. Nous avons eu plusieurs fois occasion de sentir, dans l'intérieur même du wagon, l'odeur de ce caoutchouc fondant. En fait, l'inconvénient paraît être sans gravité.

Le grand poids des wagons Pullman a conduit à porter le nombre des essieux du truck à trois dans la plupart des wagons à lits et à quatre dans les wagons-restaurants. Wagons Pullman.

Comme pour les *silver palace cars*, on fait reposer directement sur les boîtes à graisse les barres de fer recourbées sur lesquelles le châssis fixe s'appuie par l'intermédiaire de quatre ressorts. Puis ces ressorts, au lieu d'être en caoutchouc, sont en acier. On est naturellement conduit à les écarter pour placer les roues correspondantes à l'essieu du milieu, et d'ailleurs leur position est réglée de manière à ce que la charge se répartisse également entre les trois essieux. Enfin on a donné beaucoup plus d'importance au bâti mobile.

Ce bâti a été en quelque sorte dédoublé, comme l'avait été la traverse centrale du châssis fixe dans le passage du premier système au second. Au lieu d'une paire de traverses avec deux ressorts d'acier intercalés, il y en a deux, conséquemment quatre ressorts ; et ces deux paires de traverses supportent, au-dessus du vide qui les sépare, un épais et court madrier portant la crapaudine inférieure sur laquelle la caisse repose.

Le truck est très-solide, mais en même temps très-lourd. Les longrines du châssis fixe sont recouvertes sur leurs faces latérales de plaques de tôle de 5 à 6 millimètres d'épaisseur.

Locomotives et tenders.

Nous avons déjà dit que les locomotives présentent un truck à l'avant. Le châssis de ce truck est en fer, les ressorts sont en acier et de forme parabolique. Les boîtes à graisse sont placées en dedans des roues.

Les tenders sont, comme les wagons, portés par deux trucks. Les châssis sont également en fer.

Roues et essieux.

A l'exception des roues motrices des machines, nous n'avons vu dans tout le matériel roulant que des roues en fonte, des roues pleines, ou à peu près, fondues d'une seule pièce.

Un mémoire de M. Colburn (Zerah), publié dans le *Van Nostrand's engineering Magazine*, année 1869, page 451, donne des renseignements intéressants sur la durée des roues, sur le choix du métal, le prix, le diamètre et le poids usuels. On trouve d'autres renseignements statistiques dans le recueil déjà cité d'Hamilton, page 24.

La lenteur du refroidissement est considérée comme le meilleur moyen de prévenir, dans les roues en fonte, des inégalités de tension intérieure qui les prédisposent à la rupture. On enlève les roues immédiatement après la coulée et

on les empile par tas juxtaposés dans des fosses annulaires qu'on chauffe après les avoir hermétiquement fermées. La forme annulaire de ces fosses revêtues de briques n'a pas d'autre but que de faciliter le bardage des roues au moyen d'une grue qui en occupe le centre. Nous en avons vu en construction à Reading, et M. Gowen nous a signalé tout particulièrement leur utilité.

Les essieux sont généralement en fer forgé. Sur le Pennsylvania Railroad on a adopté des essieux en acier pour les wagons de voyageurs.

Voici quelques indications de poids :

	WAGONS ORDINAIRES.	WAGONS A LITS DE LA COMPAGNIE PULLMAN.	SILVER PALACE CARS.	WAGONS-HOTELS.
	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Poids total.	17 à 18	20	15,4	35,5
Nombre des essieux.	4	6	4	8
Poids par essieu.	4,4	3,3	3,9	4,5

On trouvera dans le recueil d'Hamilton, p. 121-123 et 208-215, des renseignements sur les boîtes à graisse. Nous n'avons rien de particulier à en dire ici.

D. — FREINS ET ATTELAGE.

1° FREINS.

Les freins jouent en Amérique, dans l'exploitation des chemins de fer, un rôle plus important qu'en France. On les manœuvre à toutes les stations. — C'est également avec le frein qu'on arrête à chaque pas les omnibus sur rails, au lieu d'y prodiguer comme chez nous la force musculaire des chevaux, dont le mode d'action est brusquement renversé. Tous les wagons sont pourvus de freins et toutes les roues sans exception peuvent être enrayées.

Frein ordinaire.

La manœuvre s'opère ordinairement à l'aide d'une tige verticale en fer rond, fixée extérieurement contre les paliers du wagon et surmontée de la couronne qui permet de la faire tourner ; une chaîne qui s'enroule autour de l'extrémité inférieure fait avancer ou rétrograder les sabots qui s'appliquent contre la jante des roues. Nous n'avons vu qu'exceptionnellement deux gardes-freins à la fois

dans l'intervalle de deux wagons consécutifs ; mais il y en a un en général, à ce que nous avons cru voir ; et sur les lignes d'un profil peu accidenté il n'y en a qu'un pour deux wagons. Les gardes-freins ne se tiennent pourtant pas toujours en permanence sur les paliers ; ils vont souvent s'asseoir à l'entrée d'un des wagons voisins ou dans le fourgon à bagages qui est en tête du train.

Frein à air comprimé.

Quoi qu'il en soit, on comprend combien serait précieux, ici surtout, l'avantage de subordonner la manœuvre des freins à une action complétement mécanique, à un moteur placé sous la main du mécanicien. Ce problème vient d'être résolu, dit-on, d'une manière très-satisfaisante par une application de l'air comprimé. — La locomotive porte latéralement un petit cylindre à vapeur surmontant un petit cylindre à air ; elle porte en outre un réservoir où l'on emmagasine une certaine quantité d'air comprimé. Un ou deux tubes placés sous les wagons permettent de conduire cet air d'un bout à l'autre du train : tubes en fer reliés dans l'intervalle des wagons par des tubes en caoutchouc. Sous chaque véhicule est fixé un petit cylindre horizontal recevant l'air comprimé par un tube d'embranchement et renfermant un piston dont la tige se prolonge à l'extérieur. cette tige agit sur un arbre horizontal qui fait serrer les freins. Il suffit ensuite de lâcher l'air comprimé pour que les sabots, obéissant à un ressort, se détachent des roues. — Le mécanicien, renseigné par un manomètre sur la tension de l'air dans le réservoir, n'a qu'un robinet à tourner pour tout mettre en mouvement. Il le fait plus ou moins vite suivant les cas et, grâce à l'élasticité de l'air, sans qu'on ait jamais à redouter d'arrêts instantanés.

Ce frein à air comprimé commence à se répandre, et on en attend de très-grands services.

Frein à contre-vapeur.

Quant au frein à contre-vapeur, bien qu'il ait été essayé avec succès sur plusieurs chemins de fer, il n'a pas encore été mis en service régulier. Il s'appliquerait pourtant avec une opportunité toute spéciale sur les grandes lignes qui descendent des houillères de la Pennsylvanie centrale vers le littoral de l'Atlantique. (Voy. ci-après, 2e section, § 2, B, 10°.)

2° ATTELAGE.

L'attelage de deux wagons doit satisfaire à cette double condition que celui d'avant puisse tirer celui d'arrière ou être poussé par lui. Dans les wagons français, une barre d'attelage à vis produit ce double effet concurremment avec

deux tampons latéraux. Dans les wagons américains, c'est évidemment à la caisse que l'effort doit s'appliquer; or deux caisses consécutives peuvent, à raison de leur longueur et de la roideur de certaines courbes, former un angle incompatible avec la rigidité de la barre et avec un jeu normal des tampons. On a donc dû recourir à un système tout différent, concentrer l'assemblage au centre et ménager la possibilité d'une divergence angulaire dans les directions.

Système ordinaire.

Sous le palier de chaque wagon est une boîte en fonte contenant un ou deux ressorts spiraux en acier par l'intermédiaire desquels une forte tige en fer transmet à la caisse du wagon un effort soit de traction, soit de compression. Cette tige, qui s'avance en dehors du palier, y présente une tête (*draw head*, tête de tirage) dans laquelle peut s'engager un chaînon horizontal qu'on y retient par un goujon vertical. Ce chaînon ou anneau allongé repose à la fois sur les deux têtes qui se présentent l'une à l'autre. Quand l'un des deux goujons tire, l'anneau se tend et transmet le tirage à l'autre goujon. Il y a alors entre les deux têtes un intervalle de quelques centimètres. Mais sur les pentes, ou avec la machine en queue du train, quand le tirage est remplacé par une poussée, le chaînon mollit et trouve à se loger au fond des deux cavités dans lesquelles il est engagé, de telle sorte que les têtes des barres d'attelage arrivent au contact, et l'une peut pousser l'autre.

Ce système, tout en satisfaisant aux deux conditions du programme, présente plusieurs inconvénients sérieux, notamment ceux-ci : 1° mouvement de lacet, dû à l'indépendance dans laquelle les wagons se trouvent les uns par rapport aux autres; 2° secousses difficiles à éviter au départ et à l'arrivée; 3° le mécanisme, se trouvant en contre-bas du cadre inférieur de la caisse, se brise facilement quand il y a collision de trains, et l'un des wagons pénètre dans l'autre : cet effet des collisions, cette pénétration des wagons, analogue à celle des tubes d'une lunette, est un fait si bien établi qu'on lui a donné un nom spécial : *Telescoping*.

Système Miller.

M. Miller a imaginé un système très-différent et aujourd'hui très-répandu malgré le prix élevé du droit de brevet.

D'abord le tampon de choc ou de poussée est tout à fait indépendant de la pièce qui sert au tirage : ce tampon est placé plus haut, au niveau d'un poitrail,

d'une traverse par laquelle le palier se termine et qui est au niveau même du cadre inférieur de la caisse. D'ailleurs les deux tampons sont toujours en prise et même fortement serrés. On n'a donc à redouter ni le choc, ni la pénétration d'un wagon dans l'autre.

Puis, le tirage s'opère (un peu en dessous de la caisse) au moyen d'une pièce à crochet de 2 mètres de longueur, une sorte de flèche à crampon qui est susceptible de se déplacer un peu horizontalement en décrivant un angle autour de son extrémité la plus éloignée. Une longue tige en acier, formant ressort, tend à ramener constamment cette flèche dans l'axe du wagon. Quand on rapproche deux wagons consécutifs, les deux flèches se rencontrent, et leurs têtes en forme de casque se repoussent latéralement jusqu'au moment où, le redan arrivant, les deux têtes se cramponnent sous l'action des grands ressorts d'acier. On les fixe l'une et l'autre dans cette position au moyen d'une cheville verticale qui traverse le poitrail du palier et la tête de la flèche du même wagon. — Quand on veut dételer, du haut d'un des paliers on ôte la cheville, puis on manie un levier dont le mouvement se transmet par une chaîne à la barre à crampon : celle-ci s'écarte, et on la maintient jusqu'à ce que l'un des wagons ait avancé ou reculé un peu.

Cette barre à crampon est formée de deux bandes de tôle reliées et maintenues à distance par de courts boulons verticaux. — Il importe de remarquer qu'il suffit de faire avancer l'un des wagons vers l'autre pour que les deux crampons s'engrènent et que les deux tampons se compriment automatiquement et en même temps, sans chaînon (*link*) et sans goujons (*pins*). Plus de danger dès lors pour les hommes chargés de l'attelage.

On peut dételer en marche, ce qui est un autre avantage.

Avec ce système l'intervalle compris entre les bords de deux paliers voisins n'est que de $0^m,10$, tandis qu'avec l'autre système il est de $0^m,30$ à $0^m,50$. C'est encore un danger qu'on supprime ainsi, en même temps qu'on raccourcit le trajet à faire à la pluie dans le passage d'un wagon à l'autre.

On peut serrer autant qu'on veut l'attelage de manière à diminuer le danger des oscillations horizontales, du mouvement de lacet. Les wagons à lits deviennent dès lors beaucoup plus agréables. C'est peut-être au mode d'attelage

plutôt qu'à la voie qu'il faut attribuer les différences considérables que nous avons constatées entre les couchettes du Michigan Central (ou du Pacifique) et celles du North Missouri River.

On trouvera d'autres détails sur cette question dans une brochure de M. Miller et dans le recueil d'Hamilton, p. 197.

E. — RÉSUMÉ DES TRAITS DISTINCTIFS DES WAGONS AMÉRICAINS.

Les wagons américains sont plus hauts, plus larges et plus longs que les nôtres. Le couloir longitudinal et la possibilité de passer d'un wagon à l'autre rendent la longueur en quelque sorte indéfinie. Ce sont des maisons ambulantes, analogues à des navires, et dans lesquelles on a considérablement réduit les sujétions physiques inhérentes à la locomotion. On y a exonéré les voyageurs de l'immobilité, de l'emboîtement auquel les astreignent les voitures ordinaires. La vie normale y est moins complétement suspendue. Voilà pour le confort.

Au point de vue de la sécurité, ces longues et lourdes caisses, dont le porte-à-faux n'excède pas un sixième de la longueur totale en dehors des deux trucks qui les supportent, ont une stabilité d'allure qui, combinée avec le mode de suspension, laisse peu de prise à l'incommode et dangereux mouvement de lacet. De tels véhicules ne sont pas à la merci de quelques inégalités de la voie et s'harmonisent bien avec la vigueur surhumaine de la machine qui les entraîne.

Le fonctionnement des chevilles ouvrières sur l'immense réseau des États-Unis répond à bien des préventions théoriques. Si cette disposition est réellement incompatible avec de très-grandes vitesses, il faut convenir que ces vitesses exceptionnelles coûtent cher, et l'on peut se demander si les avantages économiques qui en résultent sont en rapport avec les sacrifices qu'elles imposent.

Le problème des freins paraît être résolu d'une façon complète et très-pratique par l'emploi de l'air comprimé.

Comme points de détails, nous signalons les siéges pivotants pour les wagons de luxe, les ressorts en caoutchouc vulcanisé, dont on fait un si grand usage en Amérique, le double ressort de la suspension et l'attelage Miller.

§ 3. — EXPLOITATION.

I. — SERVICE DES VOYAGEURS.

Avec la grande diversité des besoins à desservir et le soin que mettent les Américains à subordonner les moyens au but spécial qu'ils se proposent d'atteindre, l'exploitation de leurs chemins de fer présente une variété qui ne se rencontre pas chez nous. Nous n'en parlerons qu'au point de vue des grandes lignes, qui sont à peu près les seules que nous ayons parcourues. Et encore faudrait-il y introduire des distinctions. Nous citons de préférence les faits que nous avons constatés et recueillis par nous-mêmes ; mais nous empruntons quelques chiffres aux documents officiels que nous avons rapportés. Nous empruntons de même au journal l'*Engineering* (26 août et 2 septembre 1870) des détails très-précis sur le Pennsylvania Railroad, détails qui, en harmonie parfaite avec ce que nous avons vu, caractérisent sur plusieurs points essentiels le mode d'exploitation des chemins de fer de premier ordre aux États-Unis.

1° Composition des trains.

Il part journellement de Philadelphie dix trains de voyageurs par le Pennsylvania Railroad, le premier à huit heures trente minutes A. M. (Ante meridian, avant midi), le dernier à dix heures trente minutes P. M. (Post meridian, après midi). Indépendamment de la locomotive et du tender, ces trains sont composés ainsi qu'il suit :

4 trains de 4 voitures, dont 1 fourgon à bagages ;

3 trains de 5 voitures, dont 1 fourgon à bagages ;

1 train de 6 voitures, dont 1 fourgon à bagages et 2 wagons à lits ;

1 train de 7 voitures, dont 1 fourgon à bagages et 2 wagons à lits ;

1 train de 8 voitures, dont 1 fourgon à bagages ordinaire, 1 autre affecté au service d'une compagnie de messageries, 2 wagons à lits et 1 wagon-poste. On voit que, dans ce dernier cas, il n'y a encore que trois wagons ordinaires à voyageurs.

En y comprenant la locomotive et le tender, voici quel est le poids mort de ces différents trains et la longueur qu'ils occupent :

	POIDS MORT.	LONGUEUR.
Les trains de 4 voitures.	101 tonnes.	79 mètres.
Ceux de 5 voitures..	117 —	95 —
Celui de 6 voitures..	146 —	116 —
Celui de 7 voitures..	158 —	130 —
Celui de 8 voitures..	165 —	140 —

Il part en outre à onze heures trente minutes du soir un train de huit voitures qui comprend six wagons d'émigrants, un seul wagon ordinaire et un fourgon à bagages. Avec la locomotive et le tender, ce train ne présente que 143 $\frac{1}{2}$ tonnes de poids mort et 120 mètres de longueur.

On ajoute quelquefois jusqu'à huit wagons supplémentaires. Il ne s'agit là d'ailleurs que des trains réguliers : il y a des moments où des trains spéciaux et une activité plus grande dans la circulation portent le nombre des voyageurs à trois mille cinq cents pour un seul jour.

Les dix trains réguliers du service normal comprennent en moyenne 126 tonnes de poids mort et 8 tonnes de poids payant : le premier est 16 fois plus grand que le second. Dans le train d'émigrants, ce rapport est de 4 $\frac{3}{4}$ seulement si l'on ne considère que le transport vers l'Ouest et de 9 environ si l'on a égard à ce que le retour s'opère à vide.

Un wagon ordinaire à voyageurs a 16 tonnes de poids mort et occupe 16 mètres de longueur dans le train. Il contient cinquante places et quitte ordinairement Philadelphie avec une trentaine de voyageurs.

Un wagon à lits est ordinairement divisé en douze *sections* dont plusieurs, comme nous l'avons vu, sont isolées par des cloisons. Ces wagons ne contiennent en moyenne que seize à dix-sept personnes. Leur poids mort est de 20 tonnes, et ils occupent dans le train une longueur de $17^{m},70$.

Les wagons d'émigrants ont un poids mort de 9 tonnes $\frac{3}{4}$ et une longueur de $14^{m},30$ environ. Ils emportent habituellement 56 personnes dans la direction de l'Ouest.

Les fourgons à bagages et les wagons-poste ont un poids mort de 11 tonnes $\frac{3}{4}$ et une longueur de $12^{m},80$.

Une machine pour train de voyageurs avec son tender pèse 32 tonnes sans

eau ni combustible et occupe environ 17m,70 de longueur. Elle peut recevoir 9 tonnes d'eau et 3 de charbon ; elle porte moyennement en route 8 tonnes d'eau ou de charbon. Le poids mort peut être conséquemment évalué à 40 tonnes en moyenne.

D'après les bases indiquées ci-dessus, le nombre des voyageurs qui quittent la gare, par journée de vingt-quatre heures, s'établit ainsi qu'il suit :

54 wagons ordinaires, à 30 voyageurs chacun.	1.020
6 wagons à lits, à 16 chacun	96
TOTAL.	1.116

Le mouvement de retour est presque identique, ce qui fait en tout 2.232.

2° Personnel des trains. Le Conducteur chef du train a sous sa direction tous les autres agents, savoir : le mécanicien et le chauffeur, un agent spécial préposé aux bagages et qui se tient dans le fourgon, enfin deux gardes-freins dont la place est (en principe) sur la plate-forme extérieure des wagons. Un agent spécial s'occupe des wagons à lits, indépendamment du domestique attaché à chacun de ces wagons.

Un employé de la poste se tient dans le wagon ou le compartiment affecté au transport des dépêches. Enfin, quand il y a un fourgon pour le transport des messageries, la Compagnie chargée de ce service y est représentée par un agent.

Ainsi, outre le Conducteur, la Compagnie du chemin de fer a au moins cinq agents sur les trains en marche, et il peut s'en trouver d'autres pour le service des wagons à lits, de la poste ou des messageries.

3° Personnel des stations. A la gare de tête de Philadelphie demeurent deux fonctionnaires chargés de surveiller l'ensemble du service, c'est-à-dire l'agent général de la division et l'agent général des bagages. Le personnel de cette résidence comprend, sous la direction du chef de gare, savoir :

Le préposé aux bagages, commis d'enregistrement qui a sous ses ordres deux hommes pour *chéquer* les bagages et quatre facteurs pour en opérer la manutention.	7
Le préposé aux billets, avec trois aides.	4
Le concierge.	1
1 surveillant de jour et 3 de nuit.	4

4 piétons pour les commissions.	4
2 agents qui inspectent le matériel roulant au départ et à l'arrivée et aident à l'attelage.	2
2 agents chargés des signaux, l'un pendant le jour, l'autre pendant la nuit.	2
Les deux équipages (de jour et de nuit) d'une machine de manœuvre, équipages composés d'un mécanicien, d'un chauffeur et d'un aide. . . .	6
TOTAL.	30

Et avec le chef de gare 31.

Les stations de dernier ordre n'ont qu'un seul employé : écritures, bagages, signaux, télégraphe, il s'occupe de tout à la fois. Les gares des localités de trois mille à six mille habitants ont généralement deux employés. Pour les gares plus importantes, le nombre des employés est à peu près dans le même rapport avec celui des voyageurs qu'à la gare de Philadelphie, c'est-à-dire un pour trente-cinq à quarante voyageurs arrivant ou partant journellement. Il n'est naturellement pas nécessaire d'atteindre cette proportion dans les stations voisines de Philadelphie, lesquelles sont fréquentées surtout par des personnes qui viennent journellement à Philadelphie pour leurs affaires : il suffit grandement d'un employé pour quatre-vingts ou quatre-vingt-dix voyageurs.

Il existe au centre des grandes villes et à proximité des principaux hôtels des bureaux où l'on peut acheter des billets de chemins de fer. C'est un avantage pour le voyageur, qui peut ainsi n'arriver à la gare qu'au dernier moment et qui n'a pas à faire queue au guichet de distribution. C'en est un aussi pour le receveur, qui a moins de billets à distribuer à l'heure du départ. Du reste, on en délivre jusqu'au moment même où le train va partir. 4° Billets.

Que l'on arrive pourvu de son billet ou qu'on le prenne en arrivant, on passe ordinairement à l'intérieur de la gare. Si c'est une station intermédiaire, on se tient sur le trottoir en attendant l'arrivée du train. Si c'est une gare de tête, on va prendre place immédiatement dans les wagons. Le spectacle qu'offrent souvent les grandes gares de Paris au moment où on lâche les voyageurs accumulés dans les salles d'attente, y compris les femmes et les enfants, blesserait le sen-

timent public aux États-Unis. Généralement, le public même peut pénétrer sans obstacle sur les quais de départ; nous avons vu plus d'une fois des personnes qui ne partaient pas monter en wagon avec un ami qu'elles accompagnaient, y demeurer jusqu'à l'heure du départ et n'en descendre qu'après la mise en marche du train. Par exception seulement, quand il se présente assez de monde pour qu'il puisse en résulter quelque embarras sérieux, on place des barrières mobiles réservant un passage auprès duquel un agent se tient pour faire exhiber les billets. Aux grandes gares de tête, il y a généralement un agent (un garde-frein) posté à chaque jonction de deux wagons pour faire connaître aux voyageurs quelle est la destination finale des wagons et s'ils sont pourvus de salons, de compartiments clos ou de lits. — Aux stations importantes, le chef de gare ou un agent délégué fait connaître par un signal que l'heure du départ est venue, mais c'est le conducteur chef du train qui donne l'ordre de partir.

On part toujours sans qu'il y ait eu contrôle réel et pointage du billet : cette opération se fait en route. C'est aussi en route que l'on paye le supplément dû pour les wagons à salons ou à lits. Toutefois, il y a aux têtes de lignes des guichets spéciaux où l'on peut s'assurer par avance, en les payant, les couchettes dont la position répond le mieux aux convenances individuelles.

Les billets sont remis au conducteur un instant avant l'arrivée à chaque station. Il parcourt tous les wagons à cet effet. Aucun autre contrôle n'existe à l'arrivée.

On peut remarquer les facilités ouvertes par ce système à la fraude. Pour que des voyageurs circulent sans billets ou parcourent un trajet plus long que celui correspondant au billet payé par eux, il suffit qu'ils s'entendent avec un conducteur infidèle. Les Compagnies se prémunissent par des cautionnements contre les actes d'improbité, et elles se ménagent probablement quelques moyens de surveillance non ostensibles vis-à-vis de leurs agents. Quoi qu'il en soit, le système fonctionne, il fonctionne sur cette immense étendue de territoire et dans cette variété infinie de circonstances qui rendent l'épreuve si digne d'attention. Doit-on supposer qu'il y ait plus de conscience en Amérique qu'en Europe dans le public voyageur ou dans le personnel des conducteurs de trains? ou bien peut-on admettre que les Compagnies y soient moins soucieuses de leurs intérêts et moins défiantes? Elle ont évidemment acquis la conviction que les

abus, renfermés dans des limites relativement restreintes, n'infirment pas sérieusement les avantages du système.

Les voitures qui amènent les voyageurs à une gare n'amènent généralement pas leurs bagages; ceux-ci arrivent sur une charrette particulière. Assez souvent, surtout dans les petites stations, les charrettes pénètrent jusqu'au quai de départ; elles viennent se placer en face du fourgon où les bagages doivent être logés, de sorte que les colis n'ont qu'un trottoir à traverser et un trottoir qui est à peu près au même niveau que le plancher de la charrette et celui du fourgon. Là et ailleurs on évite autant que possible d'avoir à charger ou décharger les lourds colis à l'épaule, on les soulève par une extrémité et on les fait glisser. Beaucoup de malles américaines sont à cet effet munies de roulettes.— Mais, dans les gares importantes, les bagages, déchargés sur un quai spécial, y sont repris par les facteurs, qui les transportent d'abord à l'endroit du *chéquage*, puis au fourgon. Ces deux distances à parcourir sont évaluées pour le Pennsylvania Railroad à 12 et 30 mètres; il en est à peu près de même partout sur les lignes que nous avons parcourues. Les facteurs emploient souvent une large brouette à deux roues de $0^m,60$ de diamètre, sur laquelle ils placent jusqu'à vingt malles. Le chéquage s'opère sans qu'on décharge. 5° Bagages.

Le chéquage consiste à attacher à une poignée ou à une courroie de chaque colis une petite plaque de cuivre portant, en caractères gravés, le nom de la station de départ, celui de la station d'arrivée et un numéro. La plaque est à cet effet percée d'un trou dans lequel passe une lanière de cuir. Un double de ce *chèque* est remis au voyageur. Les paires de chèques sont toutes préparées, à portée du préposé aux bagages, comme le sont en France les étiquettes classées dans un casier. L'employé tient une liste des objets chéqués.

Il y a là, tout à côté, une balance de pesage. Mais au lieu de peser tous les colis, comme chez nous, même quand il est de toute évidence que le poids est inférieur à celui que le voyageur peut faire transporter gratuitement, on ne procède au pesage que lorsque le poids paraît excéder sensiblement les 45 kilogrammes accordés en général sur les lignes américaines. Les Compagnies sont du reste très-larges à cet égard.

Il n'y a rien à payer pour cet enregistrement des bagages. On est plus sou-

cieux, sur ce point encore, d'économiser le temps des voyageurs et celui des employés.

Les voyageurs commencent à arriver avec leurs bagages de quinze à vingt minutes avant l'heure du départ, mais c'est dans les dix dernières minutes que se fait la plus grande partie du travail. A la gare de l'Ouest de Philadelphie deux chéqueurs et quatre facteurs sont bien plus qu'il ne faut pour expédier en dix minutes les 60 colis qui partent en moyenne par chaque train; on en expédie fréquemment jusqu'à 200. (Par les trains rapides, sept à huit personnes sur dix mettent un colis aux bagages.)

L'agent du train qui s'occupe des bagages les case dans le fourgon de la manière qu'il juge la plus convenable en vue du déchargement. A l'arrivée dans chaque station, on les dépose sur un quai où chacun peut reprendre les siens en remettant les chèques dont il est porteur. Mais habituellement on a recours à un intermédiaire pour cette opération. Il existe plusieurs compagnies qui se chargent de reprendre les bagages et de les transporter à domicile. Dans chaque train est un agent de la compagnie autorisée; il parcourt les wagons quelques instants avant l'arrivée dans les grandes villes. Les voyageurs qui acceptent ses offres de service lui remettent leurs chèques; il en note les numéros sur un carnet, et il inscrit à côté le nom de l'hôtel désigné; il vous remet en échange un simple bout de papier sur lequel il a reproduit les numéros au crayon. Tantôt on lui paye immédiatement le prix du transport, qui est en général de 25 cents (1 fr. 25 c.) par colis; tantôt il ne réclame le payement qu'au directeur de l'hôtel. On est ainsi dispensé du double embarras d'attendre la délivrance des bagages et de recourir à des moyens dispendieux pour le transport, car les omnibus qui vous emmènent sur-le-champ n'en prennent pas, et les voitures particulières sont d'un prix excessif. En arrivant à l'hôtel, on remet au bureau le papier portant les numéros des chèques. Une demi-heure environ après, on trouve les bagages installés dans sa chambre.

Ainsi, pour s'exonérer de toute préoccupation pendant une heure peut-être, on n'a eu qu'à remettre ses chèques à l'agent du train. A voir les abus ou les erreurs auxquels cette organisation peut donner lieu, nous n'eussions pas supposé *a priori* qu'elle pût fonctionner sur une grande échelle. Cela est pourtant. Nous

avons parcouru 15.000 kilomètres de chemins de fer en trois mois, nous avons eu dix-sept fois recours à ce moyen de reprendre possession de nos bagages, et nous n'avons eu qu'une seule erreur à constater, erreur réparée au bout de quelques heures, après quelques télégrammes échangés entre divers bureaux de la ville de Cincinnati.

Il est de principe que la gare d'arrivée livre les bagages sur la présentation des chèques. Mais on n'admet pas que la propriété se transmette nécessairement avec le chèque; et quand, celui-ci ayant été perdu ou égaré, le propriétaire produit une demande jugée plausible, les Compagnies y font droit.

Les voyageurs munis de leurs chèques ont un an et un jour pour réclamer leurs bagages à la gare de destination : latitude dont on profite, paraît-il, de temps en temps pour laisser gratuitement en lieu de sûreté des colis dont on veut se débarrasser momentanément. Après un an et un jour les Compagnies ont le droit de débarrasser elles-mêmes leurs magasins en vendant aux enchères, et au profit de qui de droit, les bagages non réclamés. La vente se fait sans ouverture des colis et sur de simples conjectures quant à ce qu'ils peuvent contenir.

Il résulterait de statistiques dressées qu'un seul colis se perd sur 10.000. Telle est la mesure de la sécurité qu'on trouve dans le système des chèques. Aux États-Unis comme en Europe, les Compagnies impriment généralement sur leurs billets qu'elles entendent limiter leur responsabilité à 400 ou 500 francs (par exemple) pour chaque malle; mais les tribunaux n'ont jamais voulu reconnaître une limite de ce genre. On restreint seulement l'évaluation de l'indemnité au bagage personnel du voyageur, abstraction faite de toutes marchandises, celles-ci n'ayant pu être que frauduleusement présentées à titre de bagages.

Conclusions sur le système américain.

Le mode d'exploitation des wagons américains se lie en grande partie et d'une manière intime au genre de construction de ces wagons.

La grande simplification du service des gares nous porte à penser que l'exploitation doit être plus commode pour les Compagnies américaines qu'elle ne l'est pour les nôtres.

Au point de vue des voyageurs la question est très-complexe.

La supériorité des wagons américains compensant l'infériorité de la voie, le roulement en est généralement aussi doux que celui des wagons français, du

moins sur les lignes que nous avons parcourues, et avec des vitesses de marche de 35 à 60 kilomètres par heure.

A raison de leur stabilité bien plus grande, ces wagons paraissent offrir une sécurité au moins égale quant aux déraillements, pour des vitesses n'excédant pas 50 à 60 kilomètres. En cas d'incendie, de rupture d'essieu ou autres accidents de ce genre, il est évident qu'ils offrent toutes les facilités possibles pour s'y soustraire. Enfin, indépendamment de la corde qui permet aux voyageurs de faire sonner le timbre placé à côté du mécanicien, nous ne concevons guère que des attentats puissent se commettre dans ces salles où il y a place pour 40 ou 50 personnes, sans compter le garde-frein qui se tient souvent assis à l'une des extrémités ou debout sur le palier contre la porte vitrée du wagon.

Voilà certes de grands avantages, auxquels il faut joindre l'espace et la lumière, la ventilation assurée sans courants d'air gênants, la liberté d'aller et venir, la faculté de changer de place, l'usage facile des lieux d'aisances, etc. Cependant nous doutons que ce genre de wagons fût préféré par la majorité des voyageurs en France. L'activité physique et le besoin de mouvement sont moins développés chez nous; puis la vie en commun, que les Américains aiment pour elle-même et qui est si profondément entrée dans leurs mœurs, n'a pas le même attrait pour nous : le plus grand nombre de nos voyageurs de 1re et de 2e classe recherchent l'isolement. Quant à ceux de 3e classe, presque tous probablement préféreraient les wagons américains, surtout pendant la belle saison et pour des voyages de jour un peu longs; mais, pour des voyages de nuit, ils réclameraient bien vite contre des dossiers sur lesquels on ne peut pas appuyer la tête.

La conclusion serait donc qu'il n'y aurait d'emprunts à faire au matériel américain qu'en vue de circonstances spéciales et déterminées.

Comme point de détail, l'incomparable rapidité avec laquelle se fait le service des bagages, tant au départ qu'à l'arrivée, nous paraît digne de fixer l'attention.

II. — DE LA VITESSE DES TRAINS.

Deux opinions très-différentes ont cours en France sur la vitesse des chemins de fer aux États-Unis. L'idée populaire est que cette vitesse est excessive et que

les Américains, par tempérament, ou pour économiser le temps, mettent de côté tout souci de la vie humaine. Parmi les ingénieurs, au contraire, il est assez généralement admis que le mauvais état de la voie et les dangers inhérents au matériel articulé limitent la vitesse de marche à 30 ou 35 kilomètres à l'heure. De ces deux opinions, la première est sans fondement; quant à la seconde, elle est erronée si l'on considère non pas l'ensemble des lignes américaines, dont la condition moyenne, arithmétiquement parlant, est sans intérêt pour nous, mais les grandes lignes qui, à raison de la similitude des conditions, peuvent seules être utilement comparées aux nôtres.

Parlons d'abord de la vitesse réduite, arrêts compris, la vitesse qu'on obtient en divisant la distance par la durée totale du trajet.

Le tableau suivant indique les vitesses afférentes aux principaux trajets que nous avons parcourus :

TRAJET.	DISTANCE.	DURÉE.	VITESSE.	ÉTATS OU TERRITOIRES TRAVERSÉS.	COMPAGNIES.
	kilom.	h. m.	kilom.		
Détroit à Chicago.	457	8 30	53,75	Michigan.	Michigan-Central.
Albany à Buffalo.	478	9 10	52	New-York.	New-York-Central.
Du Niagara à Détroit	369	7 25	50	Canada.	Great-Western du Canada.
Philadelphie à New-York. . .	145	3 6	47	New-Jersey, Pennsylvanie.	New-Brunswick et Trenton.
Parkesburg à Grafton. . . .	167,5	3 45	44,6	Virginie occidentale.	Baltimore and Ohio.
Philadelphie à Bethléem (Lehigh-Valley).	88,5	2	44	Pennsylvanie.	Pennsylvania-Northern.
Philadelphie à Baltimore. . .	158	3 45	42	Pennsylvanie, Maryland.	Phil. Washington and Baltimore.
Saint-Louis à Cincinnati. . .	547,5	13 35	41	Illinois, Indiana.	Ohio and Mississipi.
Cincinnati à Belpré.	330	8	41	Ohio.	Cincinnati and Marietta.
Philadelphie à Pottsville. . .	150	4	38	Pennsylvanie.	Philadelphia and Reading.
Rome à Watertown.	114	3 10	36	New-York.	Rome, Watertown and Ogdensburg.
Chicago à Omaha.	790,5	22	36	Illinois, Iowa.	Chicago and North-Western.
Weldon à Acquia-Creek. . .	259	8	32,4	Virginie.	Petersburg, Richmond and Petersburg, Richmond-Fredericksburg and Potomac.
Omaha à Saint-Louis. . . .	766	23 50	32,1	Iowa, Missouri.	Council-Bluffs and Saint-Joseph, North-Missouri River.
Philadelphie au cap May. . .	132	4 9	31,8	New-Jersey.	West-Jersey, Cape-May and Millville.
Omaha à San Francisco. . .	3.080	102 22	30,09	Nebraska, Wyoming, Utah, Nevada, Californie.	Union-Pacific, Central-Pacific, Western Pacific.
San Francisco à Omaha. . .	3.080	100 28	30,65		

On peut dire que la vitesse réduite est de 50 à 55 kilomètres à l'heure pour les trains les plus rapides des grandes lignes. De New-York à Chicago par Albany,

le Niagara et Détroit, la distance, qui est de 1.549 kilomètres, se franchit en moins de trente heures à raison de 52 kilomètres à l'heure. De Philadelphie à Chicago, une distance de 1.325 kilomètres est parcourue en vingt-sept heures, ce qui fait 49 kilomètres à l'heure. Il y a plus de 4.000 kilomètres de chemins de fer sur lesquels des trains marchent à plus de 40 kilomètres. Les lignes secondaires n'ont pas de trains de vitesse proprement dits, parce que le surcroît de frais qu'entraîne la grande vitesse n'y paraît pas suffisamment justifié. Ainsi sur les lignes qui réunissent entre eux les grands centres de l'intérieur, tels que Chicago, Omaha, Saint-Louis, Cincinnati, la vitesse est de 35 à 40 kilomètres. Elle descend d'ailleurs à 30 kilomètres et au-dessous pour bien des lignes d'ordre inférieur : catégorie dans laquelle on doit jusqu'à nouvel ordre ranger les chemins de fer des États du Sud.

Si de la vitesse réduite, qui seule intéresse les voyageurs, on veut passer à la vitesse moyenne des trains en marche, deux éléments nouveaux interviennent : le nombre et la durée des arrêts. Sur la durée, dans les 15.000 kilomètres que nous avons parcourus, nous n'avons pas remarqué qu'elle fût en général plus longue ou plus courte qu'en France. Mais les arrêts sont moins multipliés. D'où résulte que si la vitesse réduite est peu inférieure à ce qu'elle est en France, la différence est sensiblement plus grande pour la vitesse moyenne des trains en marche.

Pour préciser ce point, qui est important au point de vue technique, nous extrayons les renseignements suivants du Rapport officiel fourni, pour l'année expirée au 30 septembre 1869, par l'ingénieur chargé du contrôle des chemins de fer dans l'État de New-York :

	NEW-YORK CENTRAL.	ÉRIÉ.
	kilom.	kilom.
Longueur de la ligne considérée.	955	459
Vitesse *moyenne* des trains express, en comprenant les temps d'arrêt.	48	42 et 48
Vitesse des mêmes quand ils sont en mouvement. .	56	48 et 64
Vitesse des trains ordinaires de voyageurs, arrêts compris.	32	32
Vitesse des mêmes en mouvement.	42	42
Vitesse des trains de marchandises, arrêts compris. .	19	16
Vitesse des mêmes en mouvement.	24	19

Relativement au nombre des arrêts, voici un tableau comparatif qui pourra fixer les idées :

Nos D'ORDRE DES TRAINS. américains.	français.	DÉSIGNATION DES LIGNES.	DISTANCE.	VITESSE MOYENNE.	ESPACEMENT MOYEN DES ARRÊTS.
		1re série. — Vitesses de 40 kilom. et au-dessus.	kilom.	kilom.	kilom.
	1	Paris-Lyon-Méditerranée : train poste, de Paris à Lyon. . .	512	55,2	64
	2	Nord : express, de Paris à Calais.	299	54,4	50
3		Michigan-Central : de Détroit à Chicago.	457	53,8	33
	4	P.-L.-M. : train poste, de Paris à Marseille.	864	52,5	51
5		New-York-Central et Hudson-River : de New-York à Buffalo..	708	52,1	100
6		Great-Western du Canada : de Niagara à Détroit (Windsor)..	368	51,3	92
7		Erié : express, de New-York à Buffalo.	679	50,3	45,3
	8	Est : express, de Paris à Strasbourg.	502	49,2	26,4
9		Pennsylvania, Fast line : de Philadelphie à Pittsburg. . . .	571	47,6	190
	10	Est : train poste, de Paris à Strasbourg..	502	46,7	29,5
	11	P.-L.-M. : express, de Paris à Lyon.	512	46,5	27
12		Pennsylvania · Pacific express.	571	46,4	81,5
13		Michigan-Central.	457	45,7	38,1
14		Great-Western du Canada..	368	44,2	36,8
15		New-York-Central et Hudson-River..	708	44	27,2
	16	P.-L.-M. : train direct, de Paris à Marseille.	864	43,7	26,2
17		Great-Western du Canada..	368	43,7	24,5
18		Ohio and Mississipi : de Saint-Louis à Cincinnati.	547	42,7	39
19		Baltimore and Ohio : de Baltimore à Washington..	64	42,7	32
20		Érié..	679	41,3	32,3
21		Baltimore and Ohio : de Baltimore à Parkesburg.	618	41,2	56,2
22		Ohio and Mississipi.	547	40	21,9
		2e série. — Vitesses de 30 à 40 kilom.			
23		Pennsylvania-Central..	571	39,8	47,6
	24	P.-L.-M.	512	39,4	23,3
	25	Est.	502	38,6	20,1
26		Baltimore and Ohio, embranchement de Washington. . . .	64	38,5	4,9
27		Érié..	679	38,2	22,6
28		New-York-Central and Hudson-River.	708	37,8	12,4
29		Michigan-Central.	457	36,6	14,3
30		Great-Western du Canada..	368	35,9	11,1
31		Pennsylvania..	571	35,3	7,9
32		Michigan-Central.	457	34,7	8
33		Pennsylvania.	571	34	10,4
34		Érié..	679	32,8	13,3
	35	Nord.	299	32,6	10,7
	36	Est.	502	31,7	6,3
37		North-Michigan..	»	31,7	10,9
	38	P.-L.-M.	512	30	7,9

Si l'on veut considérer des distances plus considérables, s'étendant sur plusieurs réseaux, on trouve des résultats tels que ceux-ci :

	DISTANCES		VITESSE.	ESPACEMENT MOYEN DES ARRÊTS.
	APPROXIMATIVES, EN MILLES.	EXACTES, EN KILOMÈTRES.		
			kilom.	kilom.
De New-York à Chicago.	1.000	1.549	52,4	48,3
De Chicago à Omaha.	500	790	36	35,9
D'Omaha à San Francisco.	2.000	3.080	31	13,9
De New-York à San Francisco.	3.500	5.419	32,5	26,9

La vitesse moyenne du trajet de New-York à Chicago (52 kilomètres et demi) est exactement la même que celle du trajet de Paris à Marseille, dont la longueur (864 kil.) excède un peu la moitié de celle du premier. La longueur moyenne des étapes est de 48^{k},3 en Amérique et 50^{k},8 en France. Les deux trains partent le soir pour arriver dans la matinée, mais avec une journée intercalée entre deux nuits pour le train américain, une journée durant laquelle il s'arrête trois fois, de vingt à vingt-cinq minutes, pour les repas. Ce train est obligé d'ailleurs de traverser le pont suspendu du Niagara à une vitesse de 8 kilomètres à l'heure seulement, puis deux lignes de douanes à l'entrée et à la sortie de la presqu'île canadienne, et enfin la grande rivière de Détroit, où le train est embarqué sur un bac à vapeur.

De l'ensemble des faits qui précèdent il résulte pour nous qu'on s'exagère généralement la supériorité de vitesse des trains français sur ceux des grandes lignes américaines. Cette supériorité est réelle; mais quand la vitesse moyenne des trains en marche atteint, comme sur le New-York Central, 24 kilomètres pour les trains de marchandises, 42 pour les trains ordinaires de voyageurs et 56 pour les express, de tels résultats peuvent satisfaire en général à tous les besoins réels de la pratique. Sauf des circonstances tout à fait exceptionnelles, dans quelle proportion compterait-on, même chez nous, les hommes dont le temps est si précieux et la vie si bien remplie qu'ils aient un intérêt sérieux à marcher à 60 kilomètres au lieu de 50 ?

III. — TARIFS KILOMÉTRIQUES.

1° VOYAGEURS.

Les Indicateurs des Chemins de fer ne contiennent aux États-Unis aucun renseignement sur les prix : ils ne donnent que les distances, avec les heures de départ et d'arrivée. Le tableau ci-après fait connaître, pour le plus grand nombre des trajets que nous avons parcourus, les sommes payées et le prix kilométrique :

TRAJETS.	LONGUEURS.	SOMMES PAYÉES.	PRIX KILOMÉTRIQUE.	OBSERVATIONS.
	kilom.	fr.	centimes.	
De New-York à Sing-Sing.	51	3	5,9	Ligne de banlieue à laquelle les confortables bateaux de l'Hudson font concurrence.
De Cincinnati à Philadelphie, par Pittsburg. .	1.076	71	6,7	Ligne en concurrence avec plusieurs autres.
De Honesdale à New-York.	275	20,90	7,6	Par l'Érié. Honesdale est un des centres houillers de la Pennsylvanie (*Scranton region*).
De Détroit à Chicago.	460	40,38	8,8	Le Michigan-Central, en concurrence avec le Michigan-Southern.
Du Niagara à Détroit.	370	33	8,9	Great-Western du Canada.
De Philadelphie à Baltimore.	158	15,44	9,8	
De Saint-Louis à Cincinnati.	550	57	10,4	
De Philadelphie à Washington.	222	23,75	10,7	
De Philadelphie à New-York.	145	15,44	10,7	
D'Omaha à Saint-Louis.	765	85	11,2	
Rome à Watertown.	114	14,25	12,5	
De Philadelphie au cap May.	97	14,25	14,8	Ligne construite principalement pour les bains de mer du cap May.
De Schenectady à Saratoga..	32	4,75	15	Saratoga est encore un lieu de plaisir, où il n'y a de monde que pendant l'été.
De Sacramento à Omaha..	2.858	475	16,6	Sections diverses du chemin de fer du Pacifique.
De la ville du Lac-Salé à Ogden..	60	12	20	
D'Omaha à Ogden.	1.662	363	21,8	
D'Ogden à San Francisco..	1.420	315	22,1	

Les sommes inscrites dans ce tableau ont été payées en dollars-papier (*greenbacks*) que nous avons convertis ici à raison de 4 francs 75 centimes par dollar. — Ces sommes ne comprennent que le prix de la place, sans les suppléments payés tantôt pour des wagons à compartiments ou à salons, tantôt pour des wagons à lits. Les prix kilométriques seront beaucoup plus justement comparés à ceux de la 2e classe en France qu'à ceux de la 1re. Il ne faut d'ailleurs pas perdre de vue que les prix de toutes choses (ou peu s'en faut) sont plus élevés aux États-Unis qu'en France.

D'après le tableau qui précède, les prix kilométriques ne restent compris entre 6 et 9 centimes que sous la pression de concurrences très-vives et sur des lignes favorisées de transports considérables en voyageurs et en marchandises à la fois. Hors de là, les prix sont de 10 à 12 centimes. Ils s'élèvent à 15 sur des lignes spéciales qui n'ont d'importance que pendant l'été. Enfin ils s'élèvent à 16, 20, 22 centimes dans les conditions tout à fait exceptionnelles du Chemin de fer du Pacifique.

Le « Manuel » des Chemins de fer de M. Henry V. Poor fournit des éléments de contrôle qui s'accordent avec les indications précédentes. Il donne pour certains réseaux le nombre total des voyageurs transportés à un mille de distance et la recette brute correspondante. En divisant le second de ces nombres par le premier, on a le prix moyen par mille, lequel se traduit ainsi qu'il suit pour quelques-unes des lignes principales :

	PRIX KILOMÉTRIQUE.
New-York Central and Hudson River.	6 centimes.
Pennsylvania..	7,4
Érié.	7,9
Michigan Central.	8
Ohio and Mississipi.	10,6

Quand un itinéraire peut être arrêté par avance, il y a souvent une grande économie à prendre dès l'origine un billet qui, valable dans certaines limites de temps, permet de s'arrêter à certains points intermédiaires et se divise à cet effet en un certain nombre de coupons. Les diverses Compagnies s'entendent à cet effet. La réduction dont le voyageur profite s'explique en général par la concurrence et par l'avantage qu'ont les Compagnies elles-mêmes à retenir les voyageurs dans une direction déterminée. Mais dans certains cas elle n'est qu'un appât offert au voyageur pour l'engager à pousser sa course plus loin. Le Chemin de fer du Pacifique en offre un exemple remarquable : les billets d'Omaha à Ogden et d'Ogden à Sacramento reviennent séparément à 0f,22 par kilomètre, tandis que le billet unique de Sacramento à Omaha présente une réduction de 25 pour 100.

Les Compagnies ont souvent trois tarifs distincts : l'un pour les voyageurs

parcourant la ligne entière (*through passengers*), le second pour les voyageurs qui n'en parcourent qu'une partie (*way passengers*), le troisième pour les émigrants. A titre d'exemples, nous empruntons les chiffres ci-après au rapport fourni par l'ingénieur de l'État de New-York pour l'année 1869 :

	VOYAGEURS ORDINAIRES.		ÉMIGRANTS.	
	PARCOURS ENTIER.	PARCOURS PARTIEL.	PARCOURS ENTIER.	PARCOURS PARTIEL.
	centimes.	centimes.	centimes.	centimes.
New-York Central	5,9	5,9	2,9	2,9
Érié	6	8	3,6	4,3
Rome, Watertown and Ogdensburg	7,4	10,3	»	»
New-York and Boston	10,3	11,8	»	»

2° MARCHANDISES.

Pour le prix moyen du transport des marchandises par tonne et par kilomètre, nous déduisons du livre de M. Henry Poor les chiffres ci-après, qui se rapportent à l'année 1869 :

		CENTIMES.
Érié		4,80
Pennsylvania		5,10
Great-Western du Canada		5,60
Ohio and Mississipi		6,50
New-York Central		6,55
Illinois Central		7,30
Philadelphia and Reading	Charbon	5,80
	Autres marchandises	8,40
Michigan Central		7,35

Dans un rapport déjà cité de M. Charles B. Stuart, nous trouvons les renseignements suivants :

1° *Période de dix années allant de* 1861 *à* 1870. — Le tonnage cumulé des marchandises transportées *à toutes distances* sur le New-York Central et sur l'Érié ayant été annuellement et en moyenne de 5.279.391 tonnes, la recette moyenne par tonne et par kilomètre a été de 7 centimes. D'autre part, la portion

des frais d'exploitation appliquée à ce service a été en moyenne, pour les neuf années 1861-1869, de 4c, 12.

2° *Année expirée au* 30 *septembre* 1870. — Le New-York Central, qui a transporté *à toutes distances*. . . . . 4.324.000 tonnes.

et à 1 kilomètre.. . . . . 1.230.540.433 —

a perçu en moyenne par tonne et par kilomètre.. . . 5c,87

L'Érié, qui a transporté à toutes distances. . . . . 4.852.505 tonnes.

et à 1 kilomètre.. . . . . 1.438.180.349 —

a perçu en moyenne par tonne et par kilomètre. . . 4c,62

M. Stuart exprime l'opinion que, sur une route à faibles rampes, comme celle qu'il a en vue, et en réduisant le poids mort des wagons au poids utile transporté, on pourrait abaisser à 2c,5 le prix du transport des marchandises lourdes.

En résumé, on peut dire que le prix kilométrique moyen des marchandises aux États-Unis est compris entre 5 et 8 centimes sur les lignes les plus importantes, qui luttent entre elles ou contre des voies navigables. Sur les autres ce prix paraît être généralement compris entre 12 et 18 centimes.

IV. — TRAFIC.

Fréquentation.

Nous avons dressé, d'après les éléments consignés dans le livre de M. Henry Poor, le tableau qu'on trouvera ci-après à la page 178.

Les trente-trois Compagnies qui figurent dans ce tableau sont choisies parmi les plus importantes. Trois d'entre elles (qui comprennent le Chemin de fer du Pacifique entre Omaha et San Francisco) ne figurent que pour mémoire, attendu que leurs lignes n'ont été ouvertes qu'en 1869. Les trente autres, qui représentent une longueur totale de 24.667 kilomètres, soit le tiers de la longueur totale des chemins de fer des États-Unis, ont *reçu* ensemble, savoir :

Pour la totalité des réseaux. . . { 42 millions de voyageurs.
39 millions de tonnes de marchandises.

En moyenne par kilomètre. . . { 1.686 voyageurs.
1.583 tonnes de marchandises.

Vingt-six de ces Compagnies (les seules pour lesquelles nous connaissions le nombre de voyageurs et le tonnage à 1 mille), possédant une longueur totale de 19.366 kilomètres, soit le quart de la longueur totale des chemins de fer des États-Unis, ont transporté, savoir :

1° 36 millions de *voyageurs* à une distance moyenne de. . . . . 60 kilom.
ou 2 milliards à. . . . . 1 —
ou 110.000 sur le réseau entier.

2° 35 millions de *tonnes* à une distance moyenne de. . . . . 203 kilom.
ou 7 milliards à. . . . . 1 —
ou 360.000 sur le réseau entier.

Trente et une autres lignes, que nous avons prises au hasard parmi les lignes secondaires et qui présentent ensemble une longueur de 4.807 kilomètres, ont *reçu* en moyenne par kilomètre 1.388 tonnes au lieu de 1.583.

En ayant égard à ce qu'il y a des marchandises (de $\frac{1}{7}$ à $\frac{1}{5}$ approximativement) qui passent sur plusieurs réseaux, M. Henry Poor évalue le nombre total de tonnes *reçues* par les chemins de fer des États-Unis à 92.500.000 tonnes. Cela suppose qu'en moyenne chaque kilomètre en ait reçu

$$\frac{92.500.000 \text{ tonnes}}{76.032} = 1.216 \text{ tonnes.}$$

au lieu de 1.583, que nous avons trouvé ci-dessus.

Au point de vue financier d'une Compagnie, l'importance du réseau se mesure par le nombre des voyageurs et des tonnes rapporté au réseau tout entier. Le tableau ci-après, auquel nous avons déjà précédemment renvoyé, donne comme résultat final, pour la fréquentation moyenne des vingt-six réseaux que nous avons considérés à part, 110.000 voyageurs et 360.000 tonnes.

TABLEAU INDICATIF DE LA FRÉQUENTATION

DURANT LA DERNIÈRE ANNÉE FINANCIÈRE

DÉSIGNATION DES COMPAGNIES.	LONGUEUR DU RÉSEAU.		VOYAGEURS.				
			A TOUTES DISTANCES.	A 1 MILLE.	PARCOURS MOYEN.		A 1 KILOMÈTRE.
	EN MILLES.	EN KILOM.			EN MILLES.	EN KILOM.	
A							
Grand Trunck of Canada	1.580	2.291	1.460.665	»	»	»	»
B							
Boston and Albany	250	402	4.291.015	95.678.232	22	36	153.967.000
Hudson River	147	237	2.906.702	106.998.815	37	59	172.163 000
New-York Central	692	1.114	3.932.710	206.185.000	52	84	331.753.000
Érié	846	1.361	2.497.115	128.455.158	51	85	206.686 000
Great-Western of Canada	334	538	752.125	62.174.724	83	135	100.049.000
Michigan Central	329	529	846.452	70.000.000	83	135	112.652.000
Chicago and North-Western	1.156	1.860	2.231.941	»	»	»	»
Chicago, Rock Island and Pacific	590	949	627.595	31.339.650	50	80	50.426.000
Chicago, Burlington and Quincy	400	643	1.027.664	45.470.104	44	71	73.172.000
C							
Pennsylvania	1.347	2.168	4.229.365	144.728.742	34	55	232.880.000
Marietta and Cincinnati	277	446	328.499	»	»	»	»
Ohio and Mississipi	393	632	381.244	30.459.355	80	129	49.009.000
Marth Missouri	381	613	408.409	»	»	»	»
Pittsburg, Cincinnati and Saint-Louis	997	1.604	402.956	20.732.187	51	83	33.358.000
Little Miami Columbus and Xenia	196	315	467.358	22.208 215	47	76	35.733.000
Columbus, Chicago and Indiana	588	946	624.660	35.605.620	57	92	57.289.000
D							
Union Pacific	1.038	1.670	»	»	»	»	»
Central Pacific	742	1.194	»	»	»	»	»
Western Pacific	149	240	»	»	»	»	»
Kansas Pacific	664	1.068	146.583	9.684.640	66	106	15.585.000
E							
Vermont and Massachusetts	112	180	273.798	5.603.057	20	33	9.016.000
Boston and Maine	146	235	3.593.237	51.248.678	14	23	12.469 000
Boston and Providence	59	95	2.362.057	29.963.489	13	20	48.213.000
West-Jersey	126	203	545.971	17.620.195	32	52	28.352.000
Philadelphia and Baltimore	100	161	1.312.991	»	»	»	»

PRINCIPAUX CHEMINS DE FER DES ÉTATS-UNIS

ÉE AVANT LE 1er JANVIER 1870.

MARCHANDISES.					OBSERVATIONS.
TES DISTANCES.	A 1 MILLE.	PARCOURS MOYEN. EN MILLES.	PARCOURS MOYEN. EN KILOMÈTRES.	A 1 KILOMÈTRE. (Tonnes kilométriques.)	
tonnes.	tonnes.				Les marchandises sont exprimées en tonnes anglaises de 2.240 livres ou de 1.016 kilogr. On a ramené à cette unité les quantités indiquées par quelques compagnies en tonnes de 2.000 livres ou 906 kilogr.
.078.018	»	»	»	»	
.613.940	158.579.117	98	158	255.166.000	
908 955	114.943.123	126	203	183.334.000	
.281.885	474.419.700	208	335	763.463.000	
.312.209	817.929.190	190	305	1.316.250.000	Érié.
714.487	117.877.595	165	265	178.113.000	
802.835	128.000 000	162	261	205.824.000	
.211.826	»	»	»	»	
755.700	107.120.000	142	228	172.357.000	
.029.746	146.499.422	142	228	235.729.000	
.402.991	810.448.650	150	241	1.304.012.000	Pennsylvania.
388.067	»	»	»	»	
528.702	69.838.274	132	215	112.382.000	
302.965	»	»	»	»	
789.760	93.577.943	119	192	150.587.000	
451.042	35.730.006	79	128	41.401.000	
516.815	41.064.199	79	127	66.082.000	
»	»	»	»	»	
»	»	»	»	»	
»	»	»	»	»	
175.518	24.578.323	140	225	39.547.000	
214.744	3.889.481	18	29	6.258.000	
422.711	16.163.410	38	61	26.007.000	
400 374	13.021.748	32	52	20.952.000	
134.648	3.907.822	29	47	6.288.000	
»	»	»	»	»	

DÉSIGNATION DES COMPAGNIES.	LONGUEUR DU RÉSEAU.		VOYAGEURS.				
			A TOUTES DISTANCES.	A 1 MILLE.	PARCOURS MOYEN.		A 1 KILOMÈTRE.
	EN MILLES.	EN KILOM.			EN MILLES.	EN KILOM.	
F							
Philadelphia and Reading.	565	877	1.527.769	40.525.071	26	42	65.214.000
Lehigh Valley.	199	320	763.192	12.462.949	16	26	20.055.000
G							
Rome, Watertown and Odensburg. . . .	189	304	497.032	14.604.381	29	47	23.499.000
Milwaukee and Saint-Paul.	938	1.509	810.905	45.408.400	56	0	73.073.000
Illinois Central.	966	1.554	1.399.416	53 306.016	39	62	85.780.000
Cleveland, Columbus and Cincinnati. . .	390	627	546.577	29.770.918	54	87	47.804.000
Louisville and Nashville.	594	956	391.827	22.561.417	57	92	35.300.000
RÉCAPITULATION.							
Voyageurs et marchandises à toutes distances. . . . . A. . .	1.380	2.221	1.460.665				
B. . .	4.744	7.635	19.115.315				
C. . .	4.179	6.724	6.842.669				
D. . .	664	1.068	146.585				
E. . .	543	874	8.088.054				
F. . .	764	1.197	2.290.961				
G. . .	3.077	4.950	3.645.555				
TOTAL.	15.351	24.667	41.587.802	Voyageurs reçus	par mille. . . .		2.709
					par kilomètre. . .		1.686
Voyageurs et marchandises à 1 kilomètre. . . . . A. . .	»	»	»	»			»
B. . .	3.588	5.775	16.881.374	746.301.685			1.200.868.000
C. . .	3.521	5.665	6.105.761	253.734.117			408.269.000
D. . .	664	1.068	146.585	9.684.640			15.585.000
E. . .	443	713	6.776.063	104.435.417			168.050.000
F. . .	764	1.197	2.290.961	52.988.020			85.267.000
G. . .	3.077	4.950	3.645.555	165.651.152			265.456.000
TOTAL.	12.057	19.366	35.846.297	1.332.795.009	37 milles.	60 kilom.	2.143.495.000

Voyageurs et marchandises sur le réseau entier. . . . . $\frac{2.143.495.000}{19.366} = 110.000$

MARCHANDISES.					OBSERVATIONS.
A TOUTES DISTANCES.	A 1 MILLE.	PARCOURS MOYEN.		A 1 KILOMÈTRE. (Tonnes kilométriques.)	
		EN MILLES.	EN KILOMÈTRES.		
tonnes.	tonnes.				
1.270.301	54.712.515	43	69	88.041.000	Marchandises autres que le charbon.
4.239.457	422.575.540	100	160	680.023.000	Charbon.
5.509.758	477.287.885	87	139	768.064.000	Philadelphia and Reading.
1.276.455	35.805.782	28	45	57.610.000	Marchandises autres que le charbon.
2.310.170	150.810.309	65	105	242.663.000	Charbon.
3.586.625	186.614.091	52	84	300.273.000	
316.140	18.054.197	58	92	29.051.000	
1.344.358	157.749.854	117	188	253.832.000	
1.601.972	253.336.118	158	254	407.628.000	
628.356	95.150.680	152	245	155.087.000	
317.208	40.813.713	129	207	65.680.000	
1.078.038					
14.631.583					
8.381.342					
175.518					
1.492.675					
9.096.373					
4.208.034					
39.063.563	Tonnes reçues { par mille.			2.545 tonnes.	
	par kilomètre.			1.583 —	
»	»			»	Remarquer que ceci ne comprend pas la totalité des lignes considérées plus haut.
12.419.757	2.065.568.147			3.310.256.000	
7.689.310	1.050.659.072			1.674.464.000	
175.518	24.578 323			39.647.000	
1.172.477	36.982.461			59.565.000	
9.096.373	663.901.976			1.068.537.000	
4.208.034	565.084.562			909.278.000	
34.761.469	4.406.574.541	127 milles.	205 kilom.	7.061.527.000	

$$\frac{7.061.527.000}{19.366} = 360.000 \text{ tonnes.}$$

Revenant au trafic kilométrique, voici quelques chiffres de détail :

	LONGUEUR DU RÉSEAU.	VOYAGEURS.	MARCHANDISES.
	kilom.		
Chemin de fer de Boston à Albany.. . . .	402	383.000	634.000
Chemin de fer latéral à la rivière Hudson.. .	237	726.000	773.000
New-York Central..	1.114	298.000	685.000
Érié.	1.360	152.000	968.000
Michigan-Central.	529	213.000	389.000
Chicago, Rock-Island and Pacific.	949	53.000	182.000
Pennsylvania..	2.168	107.000	605 000
Ohio and Mississipi.	632	77.000	178.000
Philadelphia and Reading.	877	74.000	876.000
Lehigh Valley.	320	63.000	942.000

Ces résultats ne ressortent généralement pas dans les comptes rendus annuels des Compagnies américaines. Elles semblent surtout préoccupées du nombre, du nombre moyen de voyageurs et de tonnes que chacun de leurs kilomètres met en mouvement. On y voit, en dehors de l'intérêt privé, un sûr indice du développement de la richesse générale du pays.

Valeur des marchandises transportées annuellement.

Jusqu'en 1851 le tonnage total des chemins de fer n'avait pas excédé 5 millions de tonnes (à toutes distances), et on estimait la valeur des marchandises transportées à environ 4 milliards de francs. Pour l'année 1869 le tonnage total, moins la houille, est évalué à 72.500.000 tonnes, dont on estime la valeur moyenne à 750 francs par tonne, ce qui fait 55 milliards de francs.

Recettes.

La recette des chemins de fer est estimée à 30.000 francs en moyenne par kilomètre, ce qui fait 60 francs par habitant.

La recette totale s'élèverait ainsi à 2.250.000.000 francs ou à 22 pour 100 des 10 milliards employés à la construction.

Au début des chemins de fer, les recettes provenant des voyageurs étaient très-supérieures à celles provenant des marchandises. En 1851, il y avait à peu près égalité. Dans tous les États les recettes des marchandises se sont accrues beaucoup plus rapidement que les autres. En 1869, le rapport a été d'environ deux et demi.

V. — RENSEIGNEMENTS STATISTIQUES PARTICULIERS AUX CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT DE NEW-YORK

D'APRÈS LE RAPPORT OFFICIEL DE L'INGÉNIEUR DU CONTRÔLE POUR L'ANNÉE 1869.

Nombre moyen de kilomètres parcouru par chaque voyageur. .	54 kilom.
Nombre de voyageurs dans chaque train.	68
Parcours moyen de chaque tonne de marchandises.	196 kilom.
Nombre moyen de tonnes dans chaque train de marchandises.	121 tonnes.
Le mouvement cumulé des trains de voyageurs revient à ce qu'ils aient circulé sur la voie.	2.670 fois.
et parcouru la ligne entière.	1.663 fois.
Le nombre des trains de marchandises a été de.	3.798
et ce mouvement équivaut à celui d'un train qui aurait parcouru la ligne entière.	2.366 fois.
Nombre moyen de trains par jour.	17 $\frac{3}{4}$.
Nombre moyen de ces trains parcourant par hypothèse la ligne entière.	11
Dépense moyenne par kilomètre pour l'entretien de la voie. . .	12.485 fr.
Dépense moyenne par kilomètre pour les réparations des machines.	6.784
Dépense moyenne par kilomètre pour l'exploitation.	14.844
Les trois mêmes articles rapportés au kilomètre de simple voie.	7.777 4.226 9.246
Recette moyenne par voyageur et par kilomètre.	7c,5
Recette moyenne par tonne et par kilomètre.	6c,5
Nombre de kilomètres parcourus pour chaque voyageur tué. .	48.793.222
— par voyageur tué ou blessé.	10.524.029
Nombre de voyageurs transportés pour un seul tué.	904.704
Rapport de la dépense à la recette, moyennement.	69,11 p. 100

VI. — ACCIDENTS.

L'absence de clôtures et de gardes-ligne, jointe à l'économie stricte qui préside en général à la construction et à l'entretien de la voie, explique naturellement la multiplicité des accidents dont les chemins de fer des États-Unis sont le théâtre sur leur immense développement et que les journaux ne manquent guère, à ce qu'on assure, de faire connaître au public. Cependant nous sommes porté à croire qu'on s'exagère le nombre des accidents graves.

Chemin de fer de l'Érié.

Nous avons entendu fréquemment citer le chemin de fer de l'Érié comme étant celui sur lequel il arrive le plus d'accidents. Les déclarations faites sous serment, entre les mains de l'ingénieur du contrôle, contiennent les nombres que voici pour l'année comprise entre le 1er octobre 1868 et le 30 septembre 1869 :

	TUÉS.	BLESSÉS.	TUÉS ET BLESSÉS.
Voyageurs.	10	22	32
Employés.	40	68	108
Autres personnes.	25	24	49
TOTAL.	75	114	189

(La longueur totale du réseau est de 846 kilomètres.)

Chemins de fer de l'État de New-York.

NOMBRE DE PERSONNES TUÉES OU BLESSÉES EN 1869 SUR LES CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT DE NEW-YORK.

			CHEMINS DE FER DESSERVIS PAR	
			LES LOCOMOTIVES.	DES CHEVAUX.
			kilom.	kilom.
Longueur des voies ferrées.	Lignes principales.	Suivant l'axe.	5.910	470
		En double voie (y compris les voies de garage et de service).	2.272	288
	Embranchements.	Suivant l'axe.	1.217	»
		En double voie.	90	»
	Longueur équivalente.		9.489	758
Voyageurs.		Tués.	22	11
		Blessés.	80	46
Employés.		Tués.	79	1
		Blessés.	107	6
Personnes étrangères.		Tués.	118	15
		Blessés.	86	19
Total.		Tués.	219	27
		Blessés.	275	71

Soins à donner aux blessés.

Nous avons vu affichée dans un certain nombre de gares de la Pennsylvanie une instruction indiquant les premiers soins à donner aux blessés, en l'absence de médecin, dans les trois cas que les accidents de chemin de fer présentent le plus fréquemment, savoir : le collapsus (ou évanouissement) à combattre, des pertes de sang à arrêter, des victimes à transporter. Nous nous bornons à citer ici quelques dispositions, en faisant observer qu'elles s'adressent aux personnes que le hasard rend témoins d'un accident, et qu'elles peuvent par suite avoir plus d'importance qu'on ne serait tenté de leur en accorder au premier abord.

Dans le cas d'évanouissement, chercher à provoquer un réchauffement à l'extérieur et à l'intérieur. Envelopper le malade de couvertures ou de pardessus (il ne suffit pas de le couvrir); entourer de linge des bouteilles d'eau chaude ou des briques chauffées (mais pas trop), et les placer sous les aisselles, le long des côtes, entre les pieds. Si le malade n'a pas précédemment usé de liqueurs alcooliques, lui donner toutes les quinze ou vingt minutes de l'eau-de-vie ou du whiskey dans une cuiller à bouche ; ajouter de temps en temps un peu de nourriture : le bouillon concentré est ce qu'il y a de mieux.

Si une blessure ne saigne pas, se borner à la couvrir avec les chiffons les plus doux qu'on aura sous la main, avec de la toile surtout, sans exercer aucune compression sur le membre. S'il y a écoulement de sang, ne pas chercher à l'arrêter en bandant la blessure; mais empêcher le sang d'arriver en comprimant l'artère et liant fortement le membre à quelque distance. (Des figures jointes à l'instruction font voir où se trouve l'artère dans la partie supérieure du bras, en haut de la cuisse et aux environs du genou.) On comprime avec un tampon formé de linges roulés ou avec une pierre ronde, et on pose par-dessus un mouchoir qu'on serre fortement autour du membre en s'aidant d'un bâton dont on engage finalement une des extrémités sous cette ligature pour l'empêcher de se détordre. Si le membre devient très-froid ou pourpre, on desserre un peu; on resserre si le sang recommence à couler.

Pour transporter un blessé sans le faire souffrir, on l'étend sur un lit uni et doux formé en plaçant sur une planche de la paille, des couvertures pliées, des oreillers ; adapter au fond, si on le peut, des rebords en planches. Ne pas laisser les porteurs marcher au pas.

Dommages-intérêts en cas d'accidents.

Un journal du Canada, le *Herald* de Montréal, contenait le 8 Octobre les renseignements suivants :

La Commission nommée pour s'enquérir de la manière dont s'applique la loi sur les dommages-intérêts dus par suite d'accidents de chemins de fer vient de déposer son rapport. Elle pense que les plaintes des Compagnies sur le taux excessif des indemnités allouées par le jury sont en grande partie fondées. Les Compagnies voulaient faire prévaloir deux principes : la limitation de leur responsabilité et le règlement des indemnités par voie d'arbitrage. La Commission est d'avis que le jury ne fonctionne pas bien en cette matière, et elle propose l'établissement d'un tribunal qui, constitué assez fortement pour inspirer confiance au public, serait légalement assisté par un service d'ingénieurs et de médecins. Avec un tribunal de cette nature, la commission ne voit pas de raison pour modifier le système actuel de la responsabilité illimitée. Mais dans le cas où la fixation des indemnités continuerait d'être attribuée au jury, la Commission pense qu'on pourrait limiter les allocations aux chiffres que voici :

25.000 fr.	pour un voyageur de	1re	classe.
12.500	—	2e	—
7.500	—	3e	—

Le public pourrait d'ailleurs s'assurer auprès des Compagnies, à des prix raisonnables, pour des suppléments d'allocations éventuelles.

IIe SECTION. — DÉTAILS PARTICULIERS SUR QUELQUES LIGNES.

§ 1. — LE CHEMIN DE FER DU PACIFIQUE.

I. — PRÉLIMINAIRES.

Intérêt spécial du Chemin du Pacifique.

Le Chemin de fer du Pacifique, ouvert le 10 mai 1869, s'étend d'Omaha à San Francisco, sur une longueur de 3.080 kilomètres. Il traverse ainsi les solitudes de l'Amérique centrale, qui jusqu'il y a vingt ans n'avaient guère vu d'autres êtres humains que les Peaux-Rouges. En reliant la Californie au bassin du Mississipi, il a complété la jonction des deux Océans et ouvert à travers le continent une voie nouvelle au commerce de l'Europe avec le Japon et la Chine. Il a été construit sur presque toute sa longueur en moins de quatre années, dans des contrées généralement stériles et sans ressources, où il fallut transporter de quoi nourrir les ouvriers, où l'eau même et le bois manquèrent souvent, où l'on dut enfin lutter contre l'hostilité des tribus errantes que la race indienne y comptait encore.

Ces circonstances extraordinaires donnent un intérêt spécial au Chemin de fer du Pacifique. Quelles ont donc été les raisons déterminantes de cette colossale entreprise, dont l'achèvement inattendu produisit en Europe une sensation si vive en 1869? Par quels moyens financiers a-t-elle pu être ainsi menée à fin? Quel est l'aspect des pays qu'on traverse? Quelles difficultés techniques a-t-on rencontrées sur le terrain? Comment enfin exploite-t-on cette ligne de 3.000 kilomètres en plein désert, qui s'élève jusqu'à deux kilomètres et demi au-dessus du niveau de l'Océan?

Pour répondre à ces questions diverses, nous commencerons par quelques détails historiques et financiers. Puis nous décrirons la ligne en signalant les circonstances locales qui nous ont frappé quand nous la parcourûmes. Nous nous replacerons ensuite à un point de vue d'ensemble pour parler de l'exploitation.

Historique. La découverte de l'or en Californie en 1848 fut le point de départ de la recherche et de la découverte d'un grand nombre de gisements métalliques dans l'espace de 2.000 kilomètres qui comprend la Sierra-Nevada et les montagnes Rocheuses. Ce fut par suite, dans les États-Unis, le signal d'un nouveau mouvement d'émigration vers l'Ouest. Bien que la fertilité décroissante du sol aboutît finalement à une stérilité complète, l'attrait des mines y suppléa, on passa le Missouri; le gouvernement fédéral bâtit des forts et entretint à grands frais des postes militaires pour la protection des mineurs et des colons. Mais il fallait des moyens de transport à ces métaux précieux, et l'on songea tout de suite à un chemin de fer.

Après diverses reconnaissances émanées de l'initiative individuelle, le Congrès centralisa et fit reprendre les études sur une très-grande échelle en 1853 et 1854. On détermina, dans l'intervalle du 32e au 49e parallèle, dix tracés propres à unir le Mississipi à l'océan Pacifique. Mais l'industrie privée ne pouvait prendre à sa charge les risques d'une telle entreprise. Il y avait d'ailleurs au sein du Congrès de grandes divergences sur le choix du tracé. Discutée en principe et ajournée pendant sept ans, l'exécution se serait peut-être fait attendre bien longtemps encore sans la guerre de la Sécession qui éclata en 1861. Cette rupture des États du Nord et des États du Sud fit ressortir l'immense intérêt politique qu'il y avait, pour l'un et l'autre parti, à se relier par des communications directes et rapides avec les États naissants du Pacifique. Ce fut pour le gouvernement de Washington une considération décisive. Il choisit naturellement le tracé le plus avantageux aux États du Nord et concéda le 1er juillet 1862 à deux compagnies la ligne d'Omaha à San Francisco. Cette concession, dont nous indiquerons tout à l'heure les conditions principales, réalisa et au delà les résultats qu'on s'en était promis. Elle n'eut pas pour effet de faire commencer les travaux immédiatement, car il fallait compléter les études, et la terrible guerre qui sévit jusqu'en 1865 absorbait tous les bras. Mais l'exécution prit aussitôt après l'allure rapide que nous avons indiquée, et, quand la ligne entière fut livrée à la circulation, il s'en fallait de sept ans que le délai fixé par la loi de concession eût été atteint.

Concession. Cette loi comprenait une ligne principale et des embranchements. La première s'arrêtait à Sacramento, capitale de la Californie, à 224 kilomètres à l'Est

de San Francisco. Une Compagnie qui existait déjà depuis 1861 en vertu d'un acte de l'État de Californie devait commencer le chemin de fer à Sacramento et se diriger vers l'Est à travers les territoires de Nevada et d'Utah; cette partie du chemin prenait le nom de *Central Pacific Railroad*. Une seconde Compagnie devait exécuter l'*Union Pacific Railroad* en partant d'Omaha et se dirigeant vers l'Ouest jusqu'à ce que les deux lignes se joignissent. Chacune des deux Compagnies devait suivre la route la plus praticable, le gouvernement s'entremettant (comme il dut le faire en effet) pour assurer la rencontre.

C'était la première fois que le Congrès intervenait dans la création d'un chemin de fer. Les Compagnies avaient besoin d'un concours énergique. La loi du 1er juillet 1862, amendée le 2 juillet 1864, le leur accorda sur les bases suivantes :

1° Autorisation d'occuper les terrains nécessaires à l'établissement et à l'exploitation du chemin de fer jusqu'à 100 pieds ($30^m,50$) de chaque côté de l'axe. Livraison gratuite des terres publiques ou domaniales enlevées aux Indiens. [Il n'y en avait pas d'autres.]

2° Cession également gratuite de moitié des terrains domaniaux bordant le chemin de fer sur 20 milles ($32^k,186$) de chaque côté. — Voici comment cette clause s'appliquait. Chacune des deux zones latérales était divisée en *sections*, en lots d'un mille carré ou $258^h,89$ de superficie, ayant par suite $80^m,43$ de largeur en bordure sur le chemin de fer. Ces lots formant deux séries distinctes, le gouvernement cédait dans chacune d'elles les lots de numéros impairs et gardait les autres. — La cession était ainsi de 3.219 hectares par kilomètre de ligne. La distance d'Omaha à Sacramento étant de 2.854 kilomètres, les terres cédées en dehors de l'emplacement du chemin de fer font une surface totale de 9 millions d'hectares, soit $\frac{1}{8}$ environ de la superficie de la France. Ces terres n'avaient à la vérité qu'une valeur d'avenir, subordonnée à l'exécution préalable et à la mise en exploitation du chemin de fer. On les estimait $2\frac{1}{2}$ dollars l'acre, c'est-à-dire environ $\frac{5^f \times 2\frac{1}{2}}{0,4046}$ ou 31 francs l'hectare. C'était, à ce taux, une subvention de 100.000 fr. par kilomètre, de 250 à 300 millions de francs pour la ligne entière. — La loi de 1862 stipulait que les Compagnies pourraient prendre dans ces terrains la terre, les pierres et le bois nécessaires à leurs travaux ; mais elle

réservait les mines : par l'amendement de 1864, cette réserve fut supprimée en ce qui concernait le charbon et le fer.

3° Prêt d'argent sous forme d'obligations trentenaires rapportant 6 pour 100. Le montant de cette subvention était réglé sur trois taux kilométriques différents, suivant les difficultés présumées des diverses portions de la ligne, savoir :

16.000 dollars par mille (environ 47.000 francs par kilomètre) pour les portions faciles comprises d'une part entre Omaha et le pied des montagnes Rocheuses, d'autre part entre Sacramento et le pied de la Sierra-Nevada ;

Le double pour les portions de difficulté moyenne, comprises entre ces deux chaînes de montagnes ;

Le triple pour la traversée des deux chaînes, sur 300 milles (483 kilomètres) en tout.

La loi fixait comme limite de la subvention totale 50 millions de dollars.

4° Autorisation pour la Compagnie d'émettre en son propre nom des obligations pour une somme égale au montant de celles qu'elle recevrait du gouvernement et à mesure que celles-ci lui seraient livrées.

Comme garantie des avances qui seraient faites par l'Union, la loi de 1862 avait stipulé : 1° Que le gouvernement aurait un droit de première hypothèque sur le chemin de fer ; 2° qu'un cinquième des recettes brutes serait versé entre les mains du ministre des finances. Mais l'amendement de 1864 céda le droit de première hypothèque aux obligataires des Compagnies et ne réserva pour l'Union qu'un droit de seconde hypothèque.

Le tableau suivant indique quel a été le montant de ces subventions en argent et leur répartition entre les deux Compagnies :

BASES KILOMÉTRIQUES.	CENTRAL PACIFIC.		UNION PACIFIC.	
	NOMBRE DE KILOMÈTRES.	SOMMES.	NOMBRE DE KILOMÈTRES.	SOMMES.
fr.		fr.		fr.
47.000	19	960.000	846	42.080.000
94.000	840	85.920.000	656	65.280.000
141.000	251	37.440.000	242	36.000.000
	1.110	121.920.000	1.744	143.360.000

Ainsi les ressources réalisées par les Compagnies concessionnaires avec les bons du gouvernement se sont élevées à 265 millions de francs environ. Les obligations qu'elles ont en outre émises en leur propre nom, comme elles en avaient le droit, se sont montées à 250 millions à peu près.

Les titres des obligations trentenaires, comme les titres de propriété des terrains cédés, étaient livrés aux Compagnies en quantités correspondantes à chaque portion de 32 kilomètres de voie dont l'achèvement était régulièrement constaté. Ces subventions devaient subir une retenue de garantie jusqu'à l'achèvement de la ligne entière, retenue de 25 pour 100 pour les portions faciles et de 15 pour 100 pour les autres : mais la clause a été annulée par l'amendement de 1864. Voici du reste quel a été l'état d'avancement annuel des travaux des deux Compagnies :

	CENTRAL PACIFIC.	UNION PACIFIC.
	kilom.	kilom.
Antérieurement au 1er janvier 1866.	97	64
En 1866.	48	426
En 1867.	74	459
Du 1er janvier 1868 au 10 mai 1869 (16 mois).	893	795
TOTAL.	1.112	1.744

En échange de ce puissant concours du gouvernement, quels étaient les engagements contractés par les deux Compagnies ? — Nous en résumons ainsi qu'il suit les points essentiels :

1° *Construction.* — Le point de départ de la ligne devait être fixé par le président des États-Unis à 100° de longitude Ouest de Greenwich, dans l'intervalle compris sur le territoire de Nebraska entre la limite Sud du bassin de la rivière Republican et la limite Nord du bassin de la rivière Platte. Les pentes et courbes du tracé devaient ne pas dépasser les limites fixées pour le chemin de fer de Baltimore à l'Ohio (c'est-à-dire 22 millimètres de pente par mètre et 122 mètres de rayon). Le chemin devait être pourvu « de tous les fossés, aqueducs, viaducs, passages à niveau, stations, outils et autres objets nécessaires à un chemin de fer de premier ordre (*a first class railroad*, expression qui restait à interpréter) ». La voie devait avoir une largeur uniforme dont la fixation était laissée au prési-

dent des États-Unis. Enfin le délai d'exécution était limité au 1er janvier 1876, sous peine de confiscation de tous les biens meubles et immeubles des Compagnies.

2° *Exploitation.* — Latitude à peu près complète. Cependant « quand les recettes nettes du chemin de fer et du télégraphe, défalcation faite de toutes dépenses d'entretien, de réparation et d'exploitation, excéderont 10 pour 100 de la dépense d'établissement, le Congrès pourra réduire les tarifs s'ils sont excessifs et les fixer par une loi. »

3° *Remboursement du prêt fait par le gouvernement.* — Les fonds obtenus par l'entremise du gouvernement doivent lui être remboursés, tant en capital qu'en intérêts, au bout de trente ans au plus tard. Un cinquième des recettes brutes doit lui être remis à titre d'à-compte. On retient au même titre la moitié des sommes dues aux Compagnies pour transport de troupes, de munitions de guerre, de postes, etc.

4° *Mesures d'ordre.* — La Compagnie de l'*Union Pacific*, qui n'existait pas antérieurement à la loi de 1862, était fondée au capital de 100 millions de dollars. Le Conseil d'administration devait être composé de vingt membres, dont quinze élus par l'assemblée générale des actionnaires et cinq nommés par le président des États-Unis. Les actions étaient de 100 dollars et, d'après la loi de 1862, le même actionnaire ne pouvait pas en posséder plus de deux mille : mais l'amendement de 1864 supprima cette limitation.

Telles furent les conditions principales de la concession. On pourra trouver d'autres détails dans les documents officiels qui nous ont été remis au ministère de l'Intérieur.

II. — DESCRIPTION DE LA LIGNE.

Idée générale.

Nous avons esquissé dans l'Introduction de ce rapport les grands traits géographiques qui caractérisent l'espace compris entre le Missisipi et l'océan Pacifique. Le chemin de fer d'Omaha à San Francisco traverse donc les deux grandes chaînes des montagnes Rocheuses et de la Sierra-Nevada et, dans l'intervalle, celle des montagnes de Wasatch. Pour avoir la série complète des bassins traversés, il faut intercaler encore une chaîne de collines entre celle de Wasatch

et la Sierra-Nevada. On a ainsi trois bassins intermédiaires, qui sont ceux de la rivière Verte (*Green River*), du Lac-Salé et de la rivière de Humboldt, bassins isolés tous les trois, sans communications apparentes avec l'un ou l'autre des deux Océans.

Le point le plus élevé de la ligne ne correspond au faîte d'aucune des quatre chaînes; il correspond à un rameau des montagnes Rocheuses (*Black Hills*), qu'on franchit d'abord en venant de l'Est. On aurait pu le tourner en continuant de remonter vers le Nord le cours de la rivière Platte : on a préféré le franchir en s'élevant à l'altitude de 2.514 mètres. La station de Sherman, établie sur ce point, est de beaucoup la plus élevée qui existe au monde. Le faîte des montagnes Rocheuses, auquel on parvient après avoir traversé le bassin *supplémentaire* que forme le cours supérieur de la Platte, n'est qu'à l'altitude de 2.144 mètres. Nous désignons ce point par le nom de la station la plus voisine, celle de Creston.

Pour compléter ce premier parcours à vol d'oiseau, disons qu'on traverse les trois autres faîtes aux altitudes indiquées ci-après :

Collines ou montagnes de Wasatch, entre le bassin de la rivière Verte et celui du Lac-Salé, station d'Aspen.	2.300	mètres
Collines de Humboldt, entre le bassin du Lac-Salé et celui de la rivière de Humboldt, non loin de la station de Toano . .	1.885	—
Sierra-Nevada, station de Summit.	2.148	—

Il convient de remarquer d'ailleurs que les thalwegs se maintiennent très-haut :

Le cours supérieur de la Platte à.	1.975	—
La rivière Verte à.	1.863	—
Le Lac-Salé à.	1.294	—
Le lac où aboutit la rivière de Humboldt, au pied de la Sierra-Nevada, à.	1.196	—

De sorte que des montagnes Rocheuses à la Sierra-Nevada on parcourt 1.800 kilomètres, ou plus de la moitié de la ligne totale, à une altitude moyenne de 1.800 mètres environ.

Ogden, bâti près du Lac-Salé, et d'où part l'embranchement qui dessert la

capitale du territoire d'Utah, actuellement la ville sainte des Mormons polygames, — Ogden est à peu près à moitié chemin d'Omaha à San Francisco : on met un peu plus de deux jours pour aller d'Omaha à Ogden et un peu moins pour aller d'Ogden à San Francisco. C'est là qu'a lieu la jonction de l'Union Pacific et du Central Pacific. On y change toujours de wagon.

Pour procéder maintenant à une description plus détaillée, nous scinderons le trajet total en sept étapes ou sections.

1re section. D'Omaha à Cheyenne. (830 kilom.). La prairie du Nebraska.

Le point de départ du Chemin de fer du Pacifique a été fixé sur la rive Ouest du Missouri, un peu au Nord du 41e parallèle. La ville d'Omaha, qui s'est bâtie à proximité, est la capitale de l'État récemment créé de Nebraska; c'est là que viennent s'approvisionner les mineurs éparpillés sur les pentes des montagnes Rocheuses. De l'autre côté du Missouri est une autre ville, fondée en 1846 par les Mormons, la ville de Council-Bluffs. Quatre grandes lignes de chemin de fer y aboutissent : trois d'entre elles venant de Chicago et qui franchissent le Mississipi à Clinton, à Rock-Island et à Burlington, la quatrième venant de Saint-Louis et de Saint-Joseph. On est en train, comme nous l'avons dit ailleurs, de construire sur le Missouri un pont qui établira une jonction directe. En attendant, on traverse la rivière dans des bacs à vapeur. Il y a un bateau spécial qui emporte les voyageurs et leurs bagages; un autre reçoit les wagons chargés de marchandises, dont on évite ainsi le transbordement. Par exception seulement, on applique le même procédé à certains wagons à voyageurs venus de New-York ou de Boston. — Une grande gare commune doit être établie après l'achèvement du pont sur l'une ou l'autre rive du Missouri. L'incertitude qui règne encore sur l'emplacement de cette gare tient en suspens les espérances rivales de Council-Bluffs et d'Omaha. Les crues de printemps, qui correspondent à la fonte des neiges dans les montagnes Rocheuses, recouvrent de 2 mètres d'eau les rives et les voies de fer. Il faudra relever le terrain à l'aide de remblais si, après avoir fixé le lit du fleuve, on veut réduire la distance à laquelle les villes d'Omaha et de Council-Bluffs se sont prudemment tenues.

Du Missouri au pied des montagnes Rocheuses s'étend une plaine indéfinie, absolument nue, qui s'élève par une pente insensible à l'œil. On aperçoit à peine la rivière Platte, dont on remonte la rive gauche. Omaha est d'ailleurs

à une certaine distance au Nord de l'embouchure de cette rivière dans le Missouri et, pour gagner la vallée de la Platte, il a fallu franchir par des pentes de 12 à 14 millimètres un petit massif situé en amont du confluent. C'est une sujétion qu'on eût évitée en reportant un peu plus au Sud le point de départ de la ligne. Mais Omaha avait commencé à se bâtir sur la foi d'une désignation prématurée; on admit qu'il y avait là des droits acquis, et on les respecta. Ce passage une fois franchi, la rampe n'est plus que de 2 millimètres en moyenne jusqu'à Cheyenne.

On traverse plusieurs affluents de la rive Nord de la Platte, ainsi l'Elkhorn à 47 kilomètres d'Omaha et le Loup-Fork à 100 kilomètres plus loin. La Platte se bifurquant, on traverse la branche Nord près du point de réunion et on suit la branche Sud qu'on abandonne à son tour pour remonter la rivière de Lodge-Pole. On arrive ainsi au pied du contre-fort des Black-Hills (Collines Noires).

Les terrassements du chemin de fer se sont naturellement bornés à fort peu de chose. De chaque côté de la voie est un fossé dont les terres ont servi à bourrer les traverses et à les élever un peu au-dessus du sol naturel. Il n'y a pas de ballast.

Comme il n'existait ni routes ni chemins, on n'a eu à établir ni passages à niveau, ni ponts sur rails ou sous-rails. Les ponts sur les cours d'eau sont presque tous en charpente et dans le système Howe. On traverse le Loup-Creek, immédiatement à l'Ouest de la station de Colombus, à une très-faible hauteur au-dessus du sol, sur un pont de 366 mètres de longueur dont les poutres ont $6^{m},70$ de hauteur. Par économie et à défaut de pierres à proximité, on a ajourné la construction de piles et culées en maçonnerie : on a provisoirement appuyé les poutres sur de simples palées en charpente et relié le pont avec les remblais par des estacades. Ces ponts provisoires ont été généralement établis en dehors de l'alignement définitif, de manière à ce qu'on pût construire plus tard les culées et piles sans gêner la circulation des trains. Leurs poutres, formées de pièces qui se classent en un petit nombre de types différents, seront aisément réemployées ailleurs en travées de même ouverture. Le provisoire convenait d'autant mieux ici qu'on n'était que très-imparfaitement fixé sur le débouché à donner aux ponts.

En traversant un massif qui précède immédiatement l'importante station de Cheyenne, à l'altitude de 1.800 mètres environ, on aperçoit pour la première fois des palissades et des murs en pierres sèches destinés à servir d'abris contre la neige. Nous les décrirons en nous occupant de la section suivante, dont ils forment un trait distinctif.

Comme on suit constamment la Platte ou le Lodge-Pole Creek, on a pu se procurer de l'eau pour l'alimentation des machines en puisant directement à la rivière ou en creusant des puits. A la station d'Archer (à 818 kilomètres d'Omaha et à l'altitude de 1.830 mètres) il a fallu creuser jusqu'à 76 mètres dans le roc. Quant à la force motrice nécessaire pour les pompes élévatoires, on l'a trouvée dans le vent qui souffle régulièrement et souvent avec violence dans ces vastes plaines. Les moulins consistent en ailettes inclinées, contenues entre deux tambours concentriques qui ont l'un 2 ou 3 mètres et l'autre 4 ou 5 de diamètre. Ces tambours sont reliés par des bras en fer à un arbre horizontal dont le mouvement se transmet à la tige de la pompe. Le tout est mobile sur des galets autour d'un axe vertical.

Le sol de la prairie du Nebraska est une argile sableuse qui n'est pas naturellement stérile, mais que l'absence d'eau rend impropre à la végétation. Les cultures s'arrêtent à 80 kilomètres environ à l'Ouest d'Omaha, et elles ne sont guère praticables que jusqu'au confluent des rivières North Platte et South Platte, à 4 ou 500 kilomètres d'Omaha. Dès qu'on a dépassé l'Elkhorn et la station de Fremont, il n'y a plus un accident de terrain, plus un arbre, plus un arbuste à l'horizon. On pourrait se croire au milieu d'un océan jaunâtre ou d'un désert d'Afrique balayé par le simoun.

Nous avons vu des détachements de troupes campés sous la tente aux abords des stations depuis l'embouchure de la North Platte jusqu'à Laramie (de l'autre côté des montagnes Rocheuses), sur un parcours de 450 kilomètres. Ces précautions étaient encore nécessaires pour tenir les Indiens à distance. Un officier de marine venu au mois de Juin de San Francisco à New-York nous dit que le train dans lequel il se trouvait avait été retenu pendant six heures en attendant le rétablissement d'un pont incendié par les sauvages. Ceux-ci semblent d'ailleurs avoir une sorte de respect superstitieux pour les fils du télégraphe; ils

s'abstiennent, dit-on, de toucher à l'une ou à l'autre des lignes qui bordent le chemin de fer des deux côtés, sur tout le trajet d'Omaha à San Francisco.

Partis d'Omaha le 22 Août à une heure et demie de l'après-midi [c'est le seul train de la journée], nous étions le lendemain à midi à Cheyenne.

2e section. De Cheyenne à Creston (356 kilom.) Les montagnes Rocheuses.

Cheyenne, situé au pied des Black-Hills, juste à moitié chemin d'Omaha à Ogden, est le seul centre de population auquel on puisse véritablement donner le nom de ville sur tout le parcours d'Omaha à Sacramento. Ce n'est pourtant encore qu'une agglomération de maisonnettes de bois sans étages, disséminées le long de quelques larges rues qui se coupent à angle droit. Elle n'a pas plus de 3 ou 4.000 habitants. Mais elle est appelée à prendre beaucoup plus d'importance comme centre d'approvisionnement des districts miniers du Wyoming et du Colorado et comme point de jonction du chemin de fer du Pacifique avec la branche ouverte le 4 septembre 1870 de Cheyenne à Denver et Kansas-City.

Entre Cheyenne et Laramie, on franchit le grand contre-fort. Laramie est, sur le versant occidental, le pied des fortes pentes, comme Cheyenne sur le versant oriental. De Cheyenne à Sherman, sur 78 kilomètres de longueur, on monte de 671 mètres, ce qui donne une rampe moyenne de 8 millimètres par mètre. Mais l'inclinaison aux abords du faîte atteint 15 millimètres sur le versant de l'Est et 17 millimètres sur l'autre. Cette inclinaison de 90 pieds par mille anglais n'a pas été dépassée entre Omaha et Ogden ; mais à la traversée de la Sierra-Nevada elle a atteint le maximum légal de 116 pieds ou $21^{mm},92$.

A Laramie, se trouvent les remises et les ateliers de réparation de la ligne d'Omaha à Ogden, c'est-à-dire de la Compagnie de l'Union Pacific. Ce sont d'assez grands bâtiments en maçonnerie, construits en beaux matériaux de grès, et auxquels l'œil déshabitué de ce genre de constructions est tenté de trouver un caractère monumental. Il y a de plus ici un hospice pour les ouvriers du chemin de fer ; il a été créé et il est entretenu aux frais des deux Compagnies.

Partant de Cheyenne à midi et demi, on est à quatre heures et demie à Laramie, et on atteint vers minuit le faîte de la chaîne principale des montagnes Rocheuses, c'est-à-dire la fin de la *section* dont nous nous occupons en ce moment. Le bassin *supplémentaire* correspondant au cours supérieur de la Platte

n'est plus cette plaine tout unie dans laquelle on a fait 800 kilomètres entre Omaha et Cheyenne : c'est un plateau ondulé, mais s'étendant encore à perte de vue, un désert encore plus triste. Un peu après avoir dépassé Laramie on franchit le Dale-Creek sur un grand viaduc en charpente. Près de la station de Carbon se trouve une mine de houille en exploitation : le puits d'extraction, qui a 21 mètres de profondeur, est à quelques mètres seulement du chemin de fer. Les mines actuellement exploitées suffisent non-seulement pour alimenter le chemin de fer, mais aussi pour subvenir aux besoins de la ville d'Omaha.

Les travaux de terrassement, à peu près insignifiants d'Omaha à Cheyenne, ont une certaine importance de Cheyenne à Creston. Cependant on ne voit là rien de comparable aux travaux de la Sierra-Nevada. Il y a plusieurs tranchées ouvertes dans des grès et des granites rougeâtres, qui sont très-durs quand on les attaque, mais se désagrégent au contact de l'air. On comprend qu'on se soit borné à ouvrir les tranchées suivant la largeur strictement nécessaire et qu'on laisse la section s'agrandir d'elle-même. Les débris granitiques forment ici un bon ballast. Entre Sherman et Rock-Creek il y a des tranchées en courbes assez roides, de 300 mètres environ de rayon. Il y a d'autre part des remblais fort étroits au sommet : on voit quelquefois des traverses de $2^{m},50$ de longueur surplomber au-dessus du talus des deux côtés. — Il va sans dire que ce sont là des travaux à parachever.

Cette section comprend plusieurs ponts. A 20 kilomètres à l'Est de celui qui franchit la North Platte se trouve une percée de 65 mètres de longueur, sans revêtement.

Les montagnes Rocheuses et le bassin de la rivière Verte sont compris dans un plateau qui, sur 7 ou 800 kilomètres de longueur, est à l'altitude de 2.000 mètres environ. Pour garantir la voie de fer contre la neige, on a construit de nombreux abris en planches. Il y en a deux types principaux ; de simples palissades placées à une certaine distance de la voie (*snow fences*) et des hangars (*snow sheds*).

Le long des parties de la voie exposées aux amoncellements de neige on dispose plusieurs rangées parallèles de palissades ou écrans dont les directions, légèrement circulaires, sont orientées par rapport au vent régnant ; on met deux,

trois et jusqu'à quatre rangées, la première à 20 ou 30 mètres du chemin de fer, les autres à 10 ou 15 mètres d'intervalle. Le premier hiver écoulé depuis l'établissement du Chemin de fer du Pacifique (celui de 1869-1870) ayant été exceptionnellement doux, l'expérience des neiges était encore incomplète, et on n'était pas sorti de la période des tâtonnements. — Il y a deux modes adoptés pour l'établissement de ces palissades. Dans le premier, on forme un cadre vertical avec trois planches brutes dont l'une, posée de champ sur le sol, y est fixée à l'aide de piquets et de fils de fer, tandis que les deux autres, qu'on incline, se croisent aux trois quarts de leur hauteur. Deux cadres semblables étant placés à 3 ou 4 mètres d'intervalle, on cloue sur l'un et l'autre, du côté du vent, des planches horizontales et à claire voie. Les palissades du second système sont encore plus faciles à déplacer : on incline alternativement dans les deux sens et on appuie les uns contre les autres des panneaux formés de planches clouées à claire voie sur deux traverses horizontales; tous ces panneaux sont fixés du pied par des piquets, et on soutient par des étais ceux qui auront à supporter le poids de la neige. On garde en tas les panneaux ou les madriers, jusqu'à ce qu'il y ait utilité à les mettre en place, en les garantissant par des planches contre la pluie et le soleil.

Les hangars à neige s'établissent dans les tranchées. Deux montants de sapin bruts sont surmontés d'une pièce horizontale et soutenus à leur sommet par un étai qui s'appuie sur le talus de la tranchée. Des planches disposées horizontalement et à claire-voie recouvrent entièrement une série de cadres de ce genre. Ces constructions, légères et peu coûteuses, paraissent suffisantes dans les montagnes Rocheuses, où le relief du sol est peu accidenté, et où l'on n'a par suite à redouter que la neige chassée par le vent. Mais dans la Sierra-Nevada, où des avalanches se produisent, les hangars à neige sont remplacés (ainsi que nous le verrons plus loin) par de véritables tunnels en charpente très-solidement construits.

3e *section*. De Creston à Aspen (314 kilom.). Bassin de la rivière Verte.

Le 24 Août, à cinq heures du matin, nous passions la rivière Verte, thalweg du bassin compris entre Creston et Aspen. La chaleur, qui était accablante l'avant-veille dans la plaine du Nebraska et qui n'avait pas diminué beaucoup la veille dans la traversée des montagnes Rocheuses, avait fait place en quelques

heures à un froid vif quand le train franchit à Creston la ligne de partage des eaux du continent. A la station de Bryan, on aurait pu se croire en Sibérie; de petits ours tenus en laisse à quelque distance contribuaient à l'illusion; les poêles de tous les wagons furent allumés.

Le tracé, qui descend des montagnes Rocheuses en suivant le Bitter Creek, affluent de la rivière Verte, remonte ensuite vers les montagnes de Wasatch en suivant un affluent de la rive droite, le Muddy Creek. La montée en approchant d'Aspen nous parut s'opérer bien lentement et péniblement; la rampe ne devait être pourtant que de 9 millimètres : reste à savoir si, en cours d'exécution, l'on n'a pas cédé à la tentation de l'augmenter pour réduire, au moins provisoirement, l'importance des travaux à effectuer au passage de ce faîte. Nous atteignîmes Aspen à onze heures et demie.

Le bassin de la rivière Verte ou *Pays des eaux amères* est complétement stérile. Ce n'est pas que les eaux manquent; mais, fortement imprégnées de sels alcalins, elles sont impropres à la boisson et à la végétation. On ne peut même pas s'en servir pour l'alimentation des machines : il a fallu apporter pendant quelque temps par wagons de l'eau puisée à la rivière Platte; aujourd'hui on a des puits creusés assez profondément pour atteindre à des couches d'eau douce.

Les terrassements sont peu considérables et consistent surtout en remblais : la crainte des neiges a probablement fait éviter les tranchées. Les palissades et les hangars se continuent pourtant, comme nous l'avons précédemment indiqué.

On dit que les vallées, fort peu prononcées, par lesquelles la voie se développe successivement aboutissent au Nord et au Sud à des forêts qui fournissent en abondance du bois pour les traverses et les abris contre la neige. Le bassin de la rivière Verte renferme de nombreux gisements de houille d'une exploitation facile. A la station de Bryan, on nous offrait des échantillons de fer carbonaté et des agates provenant du voisinage. On aurait enfin récemment découvert des minerais d'or et d'argent et des sables imprégnés de pétrole. On espère obtenir prochainement du Congrès les troupes nécessaires pour protéger contre les Indiens ces exploitations naissantes.

4e *section.* Des montagnes de Wasatch à celles de Humboldt (369 kilom.) Bassin du Lac-Salé.

Le bassin du Lac-Salé, qui succède à celui de la rivière Verte, est beaucoup plus intéressant.

Quand on descend à l'ouest d'Aspen, on a d'abord à traverser la vallée d'un cours d'eau (le *Bear Creek*, Rivière de l'Ours) qui, après un long circuit vers le Nord, reviendra se jeter à l'extrémité septentrionale du Lac-Salé, où nous le traverserons de nouveau. Mais n'anticipons pas. De l'autre côté de cette vallée haute se trouve la station de Wasatch qui, sans être au faîte séparatif des deux bassins, a donné son nom à la chaîne et se trouve d'ailleurs encore à l'altitude de 2.098 mètres. De là nous allons descendre sans interruption par le *Canyon* ou vallon d'Écho, puis par celui de Weber, qui aboutit à Ogden, sur la rive orientale du lac.

L'aspect du pays change complétement à partir de Wasatch. Le trajet de Wasatch à Ogden, sur 105 kilomètres de longueur, est aussi accidenté et pittoresque qu'il l'est peu dans les autres parties de l'immense trajet (2.600 kilomètres) compris entre le Missouri et la Sierra-Nevada. Un wagon découvert, qu'on attelle à Wasatch à l'arrière du train, donne toute facilité pour en juger.

La pente n'est que de 10 millimètres moyennement dans le vallon d'Écho; mais elle est notablement plus forte au départ, et l'effet en est d'autant plus sensible qu'elle se combine ici avec les courbes les plus roides de l'Union Pacific.

En quittant Wasatch on rencontre d'abord une tranchée ouverte dans le grès rouge; puis on franchit deux gorges transversales sur des estacades en charpente à la suite desquelles vient un tunnel. — La première estacade a 70 mètres de longueur et $9^{m},15$ de hauteur, la seconde 137 mètres de longueur et 23 mètres de hauteur. Ce ne sont que des ouvrages provisoires, destinés à être remplacés par des ponts et par des remblais dont l'établissement eût exigé trop de temps et de dépense au début. Les palées sont placées à 3 ou 4 mètres seulement d'intervalle; elles sont formées de sapins bruts, encore recouverts de leur écorce, et assemblés simplement par des boulons. Un écriteau placé à chaque extrémité de l'estacade rappelle au mécanicien qu'il doit ralentir et limiter la vitesse à 6 kilomètres et demi à l'heure (*slow your trains at 4 miles an hour*). — Le tunnel qui vient ensuite [*c'est le second que nous rencontrons depuis Omaha*] est le

plus long de l'Union Pacific : il a 235 mètres. Il est ouvert dans une argile marneuse très-compacte, coupée de veines de grès rouge. On a revêtu le tunnel avec des madriers maintenus par des cintres très-rapprochés.

Pendant plusieurs mois de l'année 1869, ce tunnel n'étant pas achevé, le tracé en rampe continue qui aboutit à Wasatch était remplacé par trois branches disposées en forme de Z. Deux locomotives, remorquant dix wagons, convenablement lancées et utilisant la vitesse acquise, parcouraient une rampe de 1.200 mètres de longueur inclinée à 47 millimètres par mètre : elles montaient ainsi de A en B, puis de B en C et de C en D. Ce mode d'exploitation, bien que considéré comme dangereux par les ingénieurs qui l'employaient faute d'autres, n'a donné lieu à aucun accident.

Après le tunnel de Wasatch, la voie descend sur le côté gauche, puis sur le côté droit du vallon d'Écho. La constitution géologique du sol est d'une régularité remarquable. A droite, des bancs de grès rouge plongeant vers le Nord suivant une inclinaison de 30 ou 40° et séparés par de minces couches de sable qui s'éboulent en laissant les roches supérieures surplomber sous les formes les plus étranges. Au pied de l'escarpement, des éboulis que nous avons vu enlever et charger en wagon avec une sorte de drague à cuiller mue par la vapeur et fournissant 1^{mc},70 à la minute. Entre le chemin de fer et le torrent, il ne reste qu'une étroite bande de terre dont on a coupé les arbres originels, moins toutefois un sapin qui se trouve exactement à 1.000 milles (1.609 kilomètres) d'Omaha. Enfin, sur la gauche du torrent, le flanc du vallon est sensiblement parallèle à la stratification générale des bancs. — Grâce aux désagrégations qui s'opèrent spontanément à l'air, les tranchées atteignent peu à peu leur largeur normale et les parois se mettent en équilibre. On nous a montré une carrière de grès qui est, sur un parcours d'environ 1.000 kilomètres, la seule où l'on rencontre de la pierre non gélive.

Les deux vallons d'Écho et de Weber forment en se réunissant un bassin élargi qui, suivi d'un défilé, semble être un ancien lac. Au milieu de ce bassin est bâti le groupe de maisonnettes rustiques qu'on appelle *Echo-City*. Des traces de culture reparaissent alentour. — Le vallon de Weber présente plus loin trois autres élargissements semblables à celui-là, suivis respectivement de trois défilés, de

trois gorges extrêmement étroites, encaissées et tortueuses. Sur les flancs de ces gorges se dressent isolément de bizarres vestiges de grès et de poudingues détruits par les influences atmosphériques. Puis viennent des calcaires carbonifères dont les couches sont redressées presque verticalement. L'érosion a laissé subsister, sur le flanc gauche de la montagne, deux bancs verticaux qui font saillie du haut en bas, suivant la ligne de plus grande pente, réguliers comme deux murs de clôture entre lesquels on aurait ménagé un chemin creux. — Un contre-fort, qui ne laisse pour le passage des eaux qu'un étranglement appelé *Devil's Gate* (Porte du Diable), est traversé en tunnel par le chemin de fer. Ce troisième tunnel, précédé et suivi de deux ponts dont nous rapportons des vues photographiques, est ouvert dans un calcaire noirâtre qui n'a pas exigé de revêtement; il a 155 mètres de longueur et il est légèrement courbe. En attendant qu'il fût terminé, on contourna le contre-fort par une voie provisoire de 80 mètres de rayon.

On rencontre un quatrième petit tunnel de 92 mètres de longueur et plusieurs autres petits ponts sur la rivière de Weber. Puis on débouche dans la plaine du Lac-Salé, que bornent de tous côtés de belles montagnes voilées par une brume bleuâtre. Partis de Wasatch à midi et demi, nous arrivâmes à Ogden vers quatre heures et demie, n'ayant fait ainsi, même à la descente, que 26 kilomètres à l'heure.

La station d'Ogden est, comme nous l'avons déjà dit, le point central du Chemin de fer du Pacifique. Trois trains y stationnent et en partent à la fois, l'un pour Omaha, le second pour San Francisco, le troisième pour la ville du Lac-Salé. C'est celui-ci que nous prîmes le 24 Août à six heures du soir.

La ligne principale est reliée à la capitale du territoire d'Utah par un embranchement de 60 kilomètres qu'on parcourt en deux heures. Un train composé de deux wagons à voyageurs et d'un fourgon à bagages fait deux fois par jour un service de navette entre les deux extrémités. A part quelques fortes tranchées dans le gravier près d'Ogden, cet embranchement, qui se dirige vers le Sud parallèlement à la rive orientale du Lac, n'a pour ainsi dire exigé ni terrassements, ni ouvrages d'art. Une cabane en bois et un gardien, voilà de quoi se composent les stations intermédiaires. La Compagnie de l'*Utah Central Railroad* a

pour président Brigham Young, l'apôtre et le chef des Mormons. — On retrouve ici tout d'un coup un sol fertile, une agriculture très-soignée, des maisons de briques, tous les indices de l'aisance et du confort dont jouissent les parties les plus favorisées des États-Unis. Ce sont pourtant les Mormons qui ont découvert cette oasis, il y a vingt ans à peine, et ont su la féconder si bien par des irrigations. Ils y ont joint l'industrie à l'agriculture. Ils semblent y avoir constitué une société qui, indépendante du reste du monde, sait se procurer par elle-même presque tous les avantages de la civilisation matérielle. Nous avons vu des étoffes de laine, des porcelaines, du papier, des caractères d'imprimerie, etc., fabriqués dans le pays[1]. La ville du Lac-Salé, avec les mines de charbon, de fer, de plomb, d'argent et d'or qui l'entourent, avec les monuments qui déjà s'y élèvent, avec ses rues plantées de 40 mètres de largeur, les eaux vives qui courent à ciel ouvert dans une partie de ses ruisseaux, les beaux arbres fruitiers qui remplissent de grands jardins au milieu desquels sont placées les maisons d'habitation, cette ville qui, fondée en 1854 au milieu d'un désert, compte environ vingt mille habitants (presque tous Mormons), paraît appelée à une prospérité exceptionnelle. — M. Young voulut bien nous recevoir et parut prendre intérêt à notre visite.

Le 25 août à six heures du soir, nous reprenions à Ogden le chemin du Pacifique, installés cette fois dans les wagons de la Compagnie du *Central Pacific*, dans un *Silver Palace Car*.

La portion du tracé comprise entre Ogden et les montagnes de Humboldt est, dit-on, celle qui a donné lieu aux plus longues discussions. Trois solutions étaient en présence : 1° Contourner le Lac-Salé par le Sud; on aurait eu ainsi l'avantage de desservir directement la capitale de l'Utah, mais il en résultait un allongement de parcours notable; — 2° Contourner le lac par le Nord en franchissant d'abord le Bear-River près de son embouchure, puis un contre-fort ou promontoire qui, venant du Nord, s'avance dans le lac au milieu duquel il forme une presqu'île; — 3° Enfin traverser directement, par un pont de 13 kilomètres de longueur, la baie située à l'Est de cette presqu'île et gagner ainsi le versant

[1] Nous lûmes le 25 août au matin, dans un journal de la localité, de longues dépêches de Carlsruhe, de Berlin, de Bruxelles, de Londres, faisant connaître des faits qui s'étaient accomplis la veille en Europe.

occidental du promontoire. Ce troisième tracé est celui que la Compagnie de l'Union Pacific avait adopté dans ses premières études; mais la quantité de pluie exceptionnelle qui tomba en 1866 et 1867 fit monter de 2^{m},75 le niveau du lac, dont la profondeur moyenne, à l'emplacement du pont projeté, atteignit alors 6^{m},50. On renonça à cette solution. Le gouvernement des États-Unis intervint d'ailleurs pour obliger les deux Compagnies à se mettre d'accord sur le point de raccordement. Elles marchaient l'une vers l'autre avec une activité fiévreuse, stimulée par l'appât de la subvention kilométrique. C'est au promontoire du Lac-Salé que se fit la rencontre, bien qu'on ait plus tard reporté à Ogden le point de jonction des deux Compagnies.

Ce promontoire n'a que 180 mètres de hauteur; mais il ne présente aucun ravin qui en facilite l'ascension; il fallut qu'à la montée et à la descente le tracé se développât sur des flancs abrupts au prix de terrassements considérables et coûteux. Il y a des courbes de 292 mètres de rayon, et la pente est uniformément de 15 millimètres sur les deux versants.

L'ascension des montagnes de Humboldt a présenté beaucoup moins de difficulté: elle s'effectue presque sans terrassements par une rampe continue de 11 à 12 millimètres.

Nous nous étions éloignés du Lac-Salé au coucher du soleil, nous y revînmes quinze jours plus tard au soleil levant. De là résulte que nous n'avons pas vu le versant occidental du bassin du Lac-Salé. C'est là que les cartes placent le *Great American Desert*, de grandes plaines stériles que les pluies transforment en marais chaque année.

5e *section*. Des montagnes de Humboldt au pied de la Sierra-Nevada (651 kilom.). Vallée de Humboldt.

Il était cinq heures du matin quand le train s'arrêta à la station d'Independence. Un froid très-vif nous avait pour la seconde fois surpris. Nous venions de traverser le faîte des montagnes de Humboldt et de passer du Territoire d'Utah dans l'État de Nevada. Le lendemain à la même heure, nous devions atteindre le faîte, bien autrement important, de la Sierra-Nevada. Reno, où nous limitons la cinquième de nos étapes conventionnelles, marque le pied des grandes pentes.

Il est impossible d'imaginer un pays plus complétement aride et désolé que celui qui s'étend d'Independence au pied de la Sierra-Nevada: à l'aller comme au

retour, c'est une journée d'une monotonie incomparable. A partir d'un endroit appelé Camp-Halleck, le chemin de fer atteint une des branches de la rivière de Humboldt, qu'il suit dès lors, de plus ou moins près, sur environ 400 kilomètres, jusqu'à son embouchure dans le lac du même nom. Ce lac et quelques autres servent de réceptacles aux eaux pluviales de cette plaine immense : l'évaporation et les infiltrations y maintiennent un niveau à peu près constant. Du lac de Humboldt le chemin de fer passe dans le bassin d'un autre lac (*Pyramide-Lake*) dont un affluent, le *Truckee River*, conduit par Reno vers le faîte de la Sierra-Nevada.

Dans ce long parcours latéral à la rivière de Humboldt, on semble s'être attaché beaucoup à éviter les terrassements soit en contournant les mamelons, soit en multipliant les pentes et les contre-pentes. Tandis que la différence d'altitude n'est que de 428 mètres entre les deux points extrêmes, éloignés de 400 kilomètres, la somme des montées et des descentes est de 1.900 mètres. Il est vrai que l'inclinaison ne dépasse guère en général 4 ou 5 millimètres et que, là où elle atteint 10 millimètres, il paraît facile de la diminuer un jour sans changement de tracé et sans interruption de la circulation. Ces tracés en quelque sorte provisoires, qui, sans compromettre sérieusement l'avenir, ont facilité et accéléré beaucoup le premier établissement, méritent d'être remarqués.

Elcho, où l'on s'arrête à huit heures et demie du matin pour déjeuner, est un centre de population plus important que la plupart des autres. A Carlin, où l'on passe à dix heures, sont des remises et des ateliers pour le chemin de fer. A Battle-Mountain, où l'on s'arrête pour dîner à une heure, une sorte de simoun emplissait l'air de poussière; il régnait une chaleur humide et incommode. La station de Humboldt enfin, où l'on s'arrête à six heures du soir pour souper, est, grâce à des irrigations, une oasis de fraîcheur et de verdure qui, toute microscopique qu'elle est, repose un moment les yeux au milieu de cet interminable désert.

L'État de Nevada, compris à peu près exactement entre les montagnes de Humboldt et Reno, n'est pas (à beaucoup près) un pays déshérité. A une cinquantaine de kilomètres au Sud du chemin de fer se trouvent les districts miniers

d'Austin et d'Eureka, tandis que les mines d'argent de Silver-City se développent au Nord sur la limite du territoire d'Idaho[1].

6e *section*. De Reno à Sacramento (246 kilom.). La Sierra-Nevada.

Reno et Truckee, villes situées sur le versant oriental de la Sierra-Nevada, sont des centres importants d'exploitations minières ou forestières. Reno en particulier doit être le point d'attache d'un embranchement à petite section menant à Virginia-City, ville de quinze mille habitants, et à Carsonville, qui est la capitale de l'État de Nevada bien qu'elle n'ait que trois mille habitants.

Reno est à l'altitude de 1.380 mètres et la station de Summit (au faîte de la Sierra) à l'altitude de 2.148 mètres. Cette différence de 768 mètres, répartie sur une longueur de 79 kilomètres, donne une pente moyenne de $9^{mm},7$ seulement. L'inclinaison est beaucoup plus forte sur le versant occidental : du sommet à la station de Dutch-Flat, sur une longueur de 61 kilomètres seulement, on descend de 1.103 mètres, ce qui fait 18 millimètres en moyenne. La pente maximum est de 22.

La Sierra-Nevada est une chaîne de montagnes boisées où l'on retrouve les mouvements de terrain grandioses et pittoresques de la partie moyenne des Alpes. De Reno à Summit les flancs des vallons, inclinés à 45° environ, sont formés d'éboulis granitiques mouvants sur lesquels il a été souvent difficile d'établir une plate-forme de 4 mètres de largeur. On a fait peu de murs de soutènement ; on a préféré multiplier les petits tunnels qui offraient d'ailleurs l'avantage de rendre inutiles les précautions à prendre contre la neige. Il y a neuf tunnels sur le versant de l'Est et cinq sur celui de l'Ouest, sans compter celui du sommet, qui est le plus long [il a 150 mètres]. Leur longueur totale est de 1.900 mètres. Ces tunnels, ouverts dans des terrains assez fermes pour se passer de revêtements, présentent un vide demi-circulaire de $4^{m},90$ de diamètre avec des piédroits de $3^{m},35$ de hauteur. Deux ou trois tunnels, revêtus en bois, ont été ouverts dans des dimensions assez grandes pour qu'on puisse y établir plus tard des revêtements en maçonnerie. — Tous les ouvriers employés à ces travaux de sujétion étaient des Chinois, sauf les chefs d'atelier. Leur docilité, leur zèle

[1] Le *New-York Herald* du 9 novembre 1870 annonçait que le train parti de San Francisco le 3 du même mois avait été arrêté et pillé par des voleurs la nuit suivante près de Reno, et encore le surlendemain matin à la station d'Independence.

consciencieux, leur adresse de main, leur intelligence enfin ont été d'autant mieux appréciés qu'ils ne recevaient guère qu'un dollar et demi par journée de travail effectif au lieu de trois ou quatre qu'il fallait donner aux ouvriers américains. On comprend par ce seul exemple quel intérêt les propriétaires de mines et les entrepreneurs de travaux publics ont à encourager l'immigration chinoise, tandis que les ouvriers du pays s'y opposent. Mais quand on voit trois cent millions d'hommes étouffer, faute d'espace, sur l'une des rives de l'océan Pacifique, tandis qu'il y a sur l'autre tant de terres incultes et de richesses inexploitées faute de bras, il paraît bien peu probable que les plus violents meetings de Boston ou de New-York aient pour effet de limiter longtemps à huit ou dix mille le nombre des Chinois qui débarquent annuellement à San Francisco.

La difficulté spéciale de la traversée de la Sierra-Nevada consistait à mettre le chemin de fer à l'abri de la neige. On n'a pas seulement à craindre ici l'accumulation produite par le vent; il faut que les abris puissent résister à des avalanches dans lesquelles des quartiers de rocs sont parfois entraînés. Aussi les hangars des montagnes Rocheuses sont-ils transformés ici en tunnels très-solidement construits. Quand la voie est établie à flanc de coteau, la couverture n'a qu'un seul versant dirigé vers le précipice; quand la voie est au fond d'une gorge, la couverture est à deux versants à pente roide. On a fort heureusement trouvé sur place tous les bois nécessaires et des chutes d'eau pour faciliter la mise en œuvre. La carcasse est en sapin simplement écorcé, taillé grossièrement aux faces de jonction et assemblé avec des boulons. — En mai 1869, à l'époque de l'ouverture du chemin de fer, il y avait, dit-on, 37 kilomètres de ces galeries de bois, construites au prix moyen de 29.500 francs par kilomètre. Un an plus tard, le développement total atteignait 72 kilomètres. Tout cela ne forme pas un tunnel continu. Des intervalles, ménagés sur les points où le péril est moindre, donnent de l'air et de la lumière. On enlève, dans le même but, au moins pendant la belle saison, une partie du revêtement extérieur en planches. Ces éclaircies, faites de place en place, semblent d'autant plus rares qu'elles laissent simplement entrevoir les grands traits du pays exceptionnellement curieux que l'on traverse dans l'ombre des tunnels. — Les ingénieurs se préoccupent du danger du feu et de l'éventualité de propagation indéfinie d'un

incendie dans ces galeries de bois; il est question d'y intercaler des anneaux métalliques.

Le tracé est spécialement compliqué sur le versant occidental de la Sierra. Les courbes et les contre-courbes se succèdent, sur ces pentes de 15 à 22 millimètres, sans interposition d'alignements droits, et comprennent souvent plus d'un tiers de circonférence. Un des tunnels est en courbe de 175 mètres de rayon. De l'intérieur même des wagons, et sans qu'il fût nécessaire de se pencher par la portière, on voyait le train se replier fortement sur lui-même avec les deux machines placées en tête.—Un chemin de fer conçu, exécuté et exploité dans ces conditions suffirait pour signaler la hardiesse et l'esprit d'entreprise des Américains à l'admiration du monde. On conçoit d'ailleurs que les 200 premiers kilomètres de la ligne qui avait Sacramento pour point de départ aient exigé quatre ans de laborieux efforts, tandis que dans la vallée de Humboldt une longueur équivalente s'exécutait en quatre mois.

Mentionnons pour ordre deux viaducs établis à peu de distance l'un de l'autre, un peu au-dessus de la station de Blue-Cannon. Ils sont en courbe et ont environ 30 mètres de hauteur et 200 mètres de longueur. Leur mode de construction est analogue à celui du viaduc de Dale-Creek (à l'Ouest de Laramie). Les poutres sont supportées par des palées espacées de 12 à 15 mètres, qui s'appuient sur des fondations en maçonnerie. Le tablier repose sur ces poutres. Des bordages latéraux en planches et une couche épaisse de peinture au minium appliquée sur les bois protégent l'ouvrage contre la pluie, le soleil et les charbons incandescents. La plate-forme sur laquelle roulent les wagons est sans garde-corps; mais (précaution plus nécessaire) elle porte des tonneaux pleins d'eau de distance en distance. Aux extrémités se retrouve l'écriteau prescrivant aux mécaniciens de limiter la vitesse à 6 kilomètres et demi à l'heure. — A Blue-Cannon, où nous étions à sept heures du matin, on ajoute à la queue du train un wagon découvert qu'on détache à Colfax. On descend dans la direction du Sud-Ouest par l'une des trois branches de l'American River. Aux grandes montagnes succèdent les collines, puis la plaine, une plaine à perte de vue et d'une horizontalité parfaite, dépouillée de ses récoltes au mois d'août, mais couverte d'arbres fruitiers.

Nous arrivâmes à onze heures et demie du matin à Sacramento.

7e *section*. De Sacramento à San Francisco (224 kilom.). La Californie.

La zone qui sépare la Sierra-Nevada de l'océan Pacifique n'a qu'un faible relief comparativement à celui des grandes montagnes. Cependant elle est encore divisée en deux et longitudinalement (cela va sans dire) par une chaîne de collines qu'on appelle *Coast-Range* (Chaîne de la Côte). Cette chaîne se subdivise même en deux autres dans l'intervalle du 37e au 39e parallèle ; la baie de San Francisco est logée entre les deux, allongée du Sud au Nord comme tous les grands traits caractéristiques du continent américain. Vers le milieu, une brèche de 1.600 mètres de largeur minimum et 10 kilomètres de longueur, ouverte à pic dans le cordon littoral, fait communiquer la baie avec l'Océan ; c'est ce qu'on appelle *Golden Gate* (la Porte d'or). San Francisco est bâti sur la rive occidentale de la baie, se développant vers le Sud à partir du goulet, et s'élevant en amphithéâtre sur un sol rocheux que du sable recouvre en masses irrégulières. Nous reparlerons ailleurs de la ville. — A l'extrémité septentrionale de la baie, et du côté de l'Est, s'ouvre une large échancrure par laquelle arrivent toutes les eaux qui coulent entre la chaîne orientale de la Coast-Range et la Sierra-Nevada, sur une longueur de 400 kilomètres du Sud au Nord. Ce bassin intérieur si bien clos renferme presque tous les gisements aurifères et les plus belles exploitations agricoles de la Californie. Le Sacramento vient de l'extrémité Nord, le San Joaquin vient de l'extrémité Sud : les deux rivières se réunissent pour s'infléchir vers l'Ouest et se perdre dans la baie. La ville de Sacramento sur l'une, celle de Stockton sur l'autre, sont après San Francisco les deux centres les plus importants de la Californie. L'American River, que le chemin de fer côtoie de loin et de très-haut d'abord, a son embouchure à Sacramento. C'est un des nombreux cours d'eau, descendant de la Sierra-Nevada, le long desquels on a trouvé l'or, d'abord dans le lit même, en poudre, en paillettes, en grenaille, mélangé au sable, au gravier, à l'argile plus ou moins durcie, dont on l'isole par le lavage et l'amalgamation, — plus tard dans des monticules qu'on aperçoit du chemin de fer, bouleversés au loin sur une échelle gigantesque. (Aujourd'hui c'est surtout le quartz aurifère qu'on exploite, à l'aide d'un broyage préalable.)

Quatre routes relient Sacramento à San Francisco.

Des bateaux à vapeur remontent et surtout remontaient naguère jusqu'à Sacramento ; ils allaient aussi jusqu'à Stockton, sauf à échouer de temps à autre

dans les boues aurifères du San Joaquin. Mais, bien qu'on voie encore des *steamboats* stationner à Sacramento sur les eaux jaunâtres du fleuve, tout à côté de la gare du Chemin de fer, c'est là un itinéraire à peu près abandonné.

On peut encore, si l'on tient à éviter tout transbordement, effectuer en chemin de fer le trajet entier. Le *Western Pacific Railroad of California* se dirige au Sud vers Stockton (qui est à 57 kilomètres de Sacramento), puis s'infléchit à l'Ouest, et, après avoir franchi la chaîne des collines en vue du *Monte-Diablo*, va rejoindre près de l'extrémité Sud de la baie la ligne, plus anciennement construite, de San José à San Francisco. Cette seconde route est longue et coûteuse; elle ne paraît être suivie qu'accidentellement, pour des excursions de fantaisie qui commencent à New-York et se terminent ainsi dans l'intérieur même de San Francisco.

Les deux autres itinéraires consistent à aller par chemin de fer de Sacramento à Valléjo ou à Oakland, sur le bord de la baie, qu'on traverse en bateau à vapeur. Valléjo se trouve vers l'extrémité Nord; c'est par là que nous revînmes. Oakland est juste en face de San Francisco. Le Western Pacific, arrivé (comme nous l'avons dit) au bord de la baie, se bifurque pour aboutir soit à San José, soit à Oakland. — Voilà le vrai prolongement du Chemin de fer du Pacifique, la seule ligne qui corresponde pour les heures des trains. Du reste, les deux Compagnies se sont officiellement fusionnées le 22 juin 1870.

Nous avons peu de chose à ajouter sur le trajet de Sacramento à Oakland. Pour traverser le faîte intermédiaire, on a creusé plusieurs tranchées profondes et un souterrain de 366 mètres établi à l'altitude de 159 mètres. Cette région, que le Monte-Diablo domine ainsi que toute la baie, contraste par l'aspect sinistre de ses sommets arrondis et pelés avec la fertilité et la richesse des campagnes environnantes. Sur le versant de l'Ouest, de grands aqueducs d'irrigation en planches, posés sur chevalets, se développent sur des kilomètres de longueur. La plaine est parsemée de moulins à vent qu'on prendrait pour des jouets d'enfant à côté des nôtres. — La ville d'Oakland, que le train traverse lentement sur plusieurs kilomètres de longueur, est surtout formée de maisons de campagne. La voie de fer se prolonge ensuite sur une longue estacade; elle s'avance dans la baie jusqu'en un point où il y a plus de 10 mètres de profondeur d'eau. Un somptueux *steamboat* est là qui attend; il transporte d'une rive à l'autre, en une demi-

heure environ, les voyageurs arrivant d'Omaha, ceux que le train a pris à Sacramento surtout, et enfin la population d'Oakland. Partis de Sacramento à midi, nous arrivâmes à San Francisco à six heures du soir.

III. — EXPLOITATION.

Voie. Le Chemin de fer du Pacifique est à une seule voie d'Omaha à San Francisco. On lui a donné la largeur ordinaire de $1^m,436$.

Le poids des rails varie de $27^k,7$ à $32^k,7$ par mètre courant, les plus lourds étant réservés pour les parties en pente. Ils ont été fabriqués tous aux États-Unis : c'était une des conditions de la Concession. Ils ont ordinairement $8^m,50$ de longueur.

Les traverses sont généralement en pin jaune. Sur l'Union Pacific on a essayé d'injecter le cotonnier, qui croît sur les bords de la rivière Platte ; mais il paraît que les résulats n'ont pas été satisfaisants. En Californie on emploie le Redwood (bois rouge), espèce de pin particulière au pays et de qualité excellente. [Nous en reparlerons dans le chapitre des Objets divers.] — Les traverses ont en général une longueur de $2^m,50$ avec $0^m,15$ d'épaisseur et $0^m,16$ à $0^m,20$ de largeur. Leur écartement d'axe en axe varie de 0,61 à $0^m,71$.

La voie est éclissée, paraît-il, sur toute son étendue, sauf une longueur de 150 kilomètres environ, où l'on a employé des coussinets en fer forgé.

Les équipes d'entretien, ayant souvent à franchir de longs espaces, sont obligées d'emporter avec elles leurs outils, leurs vivres et parfois des objets de campement. A cet effet, chaque équipe de cinq ou six hommes est munie d'un lorry ou wagonnet plat dont l'un des essieux porte un coude sur lequel on agit avec une manivelle. Les hommes se relayant, on fait ainsi de 12 à 16 kilomètres à l'heure. Au besoin, ils enlèvent le wagonnet et le mettent à côté de la voie.

Nous n'avons vu de plaques tournantes que dans les dépôts de machines. Les signaux se réduisent à un index apparent fixé au levier des changements de voie.

Nous n'avons vu de clôtures qu'en Californie.

Les stations sont beaucoup plus rapprochées qu'on ne serait tenté de le croire; elles se répartissent ainsi qu'il suit : Stations.

	LONGUEUR.	NOMBRE DES STATIONS.	DISTANCES MOYENNES.
Union Pacific.	1.600^{k}	109	15^{k},4
Central Pacific.	1.196^{k}	90	13^{k},3
Western Pacific.	224^{k}	24	9^{k},7
Ligne entière d'Omaha à San Francisco. . .	3.080^{k}	223	13^{k},9

Dans certaines parties de la ligne, l'intervalle atteint 18, 20 et même 27 kilomètres. A la descente de la Sierra-Nevada, dans les riches plaines du Sacramento et du San Joaquin, il se réduit à 8 et même à 5 kilomètres.

Indépendamment des deux têtes de ligne, il y a treize stations pourvues de buffets et où l'on s'arrête trois fois par jour pendant vingt minutes environ. Presque toutes possèdent un dépôt pour dix, vingt ou trente machines. Ces dépôts ont généralement la forme de rotondes demi-circulaires; quelques-uns sont accompagnés d'ateliers de réparations. Omaha et Sacramento ont des ateliers de construction.

Outre les stations ci-dessus énumérées, il y a des endroits où l'on ne s'arrête que pour prendre de l'eau ou du combustible (houille ou bois).

Nous n'avons rien à ajouter à ce que nous avons dit ailleurs sur les locomotives, les wagons à voyageurs ordinaires, les wagons à lits de la Compagnie Pullman qui circulent d'Omaha à Ogden et les « Silver Palace Cars » du Central Pacific. C'est surtout sur le Chemin de fer du Pacifique que nous avons pu nous rendre un compte exact du fonctionnement de ces wagons spéciaux. Les deux Compagnies avaient alors en service 42 wagons à lits de l'une ou l'autre sorte, 163 wagons à voyageurs ordinaires, 5.331 wagons à marchandises dont moitié environ sont plats et les autres fermés. Matériel roulant.

Un train de voyageurs se compose ordinairement d'un ou deux fourgons à bagages attelés derrière la machine, — un ou deux wagons pour la poste, les employés du gouvernement et les soldats, si l'on juge à propos de faire escorter le train, — deux ou trois wagons à lits, — et enfin deux ou trois wagons ordinaires. Trains.

Il y a tous les jours un train de voyageurs (un seul) partant d'Omaha à une heure et demie de l'après-midi et un autre partant de San Francisco à huit heures

du matin. Ils mettent cent heures pour franchir la distance de 3.080 kilomètres. La vitesse moyenne est donc de 31 kilomètres à l'heure.

Les trains que nous avons vus étaient tous bien garnis, sauf celui qui part le lundi d'Omaha : celui-ci n'a que les voyageurs qui ont passé le dimanche à Omaha, car il n'y a pas de trains pour lui en amener de l'Est dans la nuit du dimanche au lundi.

Heures. Chaque compagnie de chemin de fer aux États-Unis règle ses heures sur le méridien de la ville principale de son réseau. Pour le chemin du Pacifique on a adopté trois méridiens, savoir : 1° Celui d'Omaha pour la portion de 922 kilomètres comprise entre Omaha et Laramie ; — 2° Celui de Laramie pour la portion de 738 kilomètres comprise entre Laramie et Ogden ; — 3° Celui de Sacramento pour la portion de 1.420 kilomètres comprise entre Ogden et San Francisco.

L'heure de Sacramento retarde, savoir :

De 1^h 10^m sur celle de Laramie,
De 1^h 42^m sur celle d'Omaha,
De 2^h 58^m sur celle de Washington,
De 8^h 15^m sur celle de Paris.

Sur le profil en long joint au présent rapport, nous avons indiqué le point où le train que nous prîmes se trouvait chaque jour à midi et à minuit dans le parcours d'Omaha à San Francisco : ces indications doivent être lues de droite à gauche. Du reste, on passe presque aux mêmes points à midi et à minuit dans le trajet de retour.

Prix. Le tableau suivant donne le détail des prix de transport que nous avons payés :

TRAJETS PARTIELS.	DISTANCE EN KILOMÈTRES.	PRIX de LA PLACE ORDINAIRE.		SUPPLÉMENT pour WAGONS A LITS.		DÉPENSE TOTALE EN FRANCS.	PRIX PAR PLACE et PAR KILOMÈTRE.	
		EN DOLLARS PAPIER.	EN FRANCS.	EN DOLLARS PAPIER.	EN FRANCS.		SANS LES WAGONS A LITS.	AVEC LES WAGONS A LITS.
D'Omaha à la ville du Lac-Salé. . .	1.722	79,40	377,15	4	15,00	392,15	0f,219	0f,228
De la ville du Lac-Salé à Ogden.. .	60	2,50	11,90	»	»	16,90	0 ,198	0 ,198
D'Ogden à San Francisco..	1.420	66,25	314,70	3	11,25	325,95	0 ,221	0 ,229
De Sacramento à Omaha.	2.858	100,00	475,00	7	26,25	501,25	0 ,166	0 ,175
Pour l'ensemble des trajets partiels..	6.060	»	1.178,75	»	52,50	1.231,25	9,195	0,204

Ainsi le parcours du Chemin du Pacifique, d'Omaha à San Francisco, aller et retour, coûtait environ 1.200 francs à l'époque où nous l'avons fait, soit 20 centimes à peu près par kilomètre.

L'année expirée au 30 juin 1870 a donné les résultats suivants : Produits.

	CENTRAL PACIFIC.	UNION PACIFIC.	TOTAL D'OMAHA A SACRAMENTO.
	francs.	francs.	francs.
Recettes brutes.	30.350.864	41.721.855	72.072.719
Dépenses de l'exploitation. .	17.711.063	28.247.867	45.958.930
Produits nets.. . . .	12.639.801	13.473.988	26.113.789

Il est douteux que le Chemin d'Omaha à San Francisco puisse réaliser de grands bénéfices par la vente des terrains qui lui ont été cédés le long de la ligne. Depuis le confluent des deux branches de la rivière Platte (à 500 kilomètres d'Omaha) jusqu'à 300 kilomètres de San Francisco, ces terrains paraissent presque partout impropres à la culture. Avenir commercial.

Le trafic local ne paraît devoir acquérir d'importance que pour le transport des minerais d'argent, d'or, de fer, et peut-être des houilles.

On compte sur le transit et particulièrement sur celui du thé et de la soie de la Chine et du Japon à destination soit des États de l'Est, soit de l'Europe. Nous ignorons quelle en pourrait être l'importance. Il paraît en tout cas douteux que la soie et le thé prennent cette voie pour venir en Europe. On prétend que le thé, soustrait aux grandes variations de température qu'entraînent les transports maritimes, conservera la qualité originaire recherchée dans le *thé de caravane*. Mais, en supposant cet avantage bien établi, le Chemin de fer du Pacifique présentera toujours, comparativement à la voie de Suez, l'inconvénient d'un double transbordement à San Francisco et à New-York. Comparé à la voie de Panama, il transporte d'une de ces deux villes à l'autre en sept jours au lieu de vingt-quatre; mais cette économie de temps compensera-t-elle l'inconvénient de la poussière transperçant, sur les chemins américains, les caisses légères dans lesquelles le thé s'expédie?

Il est probable que pendant longtemps le premier Chemin de fer du Pacifique, si précieux pour les États-Unis au double point de vue politique et militaire, ser-

vira plus aux voyageurs qu'aux marchandises. Du reste, comme chemin de transit, il est dès à présent menacé de la concurrence de plusieurs lignes parallèles. Traversant des contrées plus propres à la colonisation, et construites dans des conditions de pentes et de courbes moins onéreuses pour l'exploitation, ces lignes nouvelles pourraient bien attirer à elles une grande partie des transports d'un océan à l'autre.

IV. — AUTRES LIGNES DE JONCTION DU MISSISSIPI AVEC L'OCÉAN PACIFIQUE.

Northern Pacific.

La plus septentrionale de ces lignes, celle qui paraît avoir le plus de chances de s'exécuter dans un assez court délai, se développera entre le 46e et le 48e parallèle. Elle ne traverserait, dit-on, que des terres susceptibles d'être mises en culture. Partant de la baie de Puget (territoire de Washington), elle n'aura pas d'autre grand faîte à franchir que celui du prolongement des montagnes Rocheuses; elle traversera ensuite deux fois le Missouri dans la partie supérieure de son cours, puis le Mississipi vers sa source, et aboutira au lac Supérieur, à l'endroit qui a gardé le nom français de *Fond-du-Lac*. La distance de ce point à New-York par les Grands Lacs, le canal Érié et la rivière Hudson est de 1.500 milles (2.400 kilomètres).

Il existe une Compagnie constituée en vertu d'un acte du Congrès du 2 juillet 1864 pour construire le chemin de fer du lac Supérieur à Puget-Sound, dont la longueur est évaluée à. . . . . 2.856 kilom.

Plus un embranchement dirigé par la vallée de la rivière Columbia et aboutissant à Portland (État d'Orégon). . . . . 322 —

Total. . . . 3.178 kilom.

Outre les États de Wisconsin et de Minnesota traversés à l'Est, la ligne traversera les Territoires de Dakota, Montana, Idaho et Washington. Le Congrès a concédé, ici encore, des terres domaniales; la concession comprend la moitié des lots tracés de chaque côté du chemin de fer jusqu'à 32 kilomètres (20 milles) dans les États et 64 kilomètres dans les simples Territoires.

On dit que la construction de trois tronçons de chemin de fer, d'une longueur

totale de 1.247 kilomètres, suffirait pour constituer une ligne mixte par eau et par rails, reliant déjà d'une manière satisfaisante le lac Supérieur avec *Puget-Sound,* savoir :

	PAR EAU.	PAR RAILS.
Du lac au coude du Missouri, 1er tronçon.	»	700
De ce point à celui où commence la navigation, environ.	966	»
De ce point à l'endroit où les rivières Flathead et Clark sont navigables, 2e tronçon.	»	322
Ces rivières sont navigables dans la direction de la ligne projetée sur environ.	282	»
De la rivière Clark à la rivière Columbia, 3e tronçon. . . .	»	225
De là à l'océan Pacifique, par la rivière Columbia, la distance est d'environ.	402	»
	1.650	1.247
Longueur de la ligne entière.	2.897 kilom.	

La Compagnie a été autorisée par le Congrès (session de 1869-1870) à émettre des obligations. Ne recevant aucune subvention en argent, elle n'exécutera pas ses travaux avec l'activité fiévreuse qui improvisa en quelque sorte la ligne d'Omaha à San Francisco; mais elle les exécutera par cela même à bien moins de frais. On a ouvert le 7 mars 1871 la section comprise entre le lac Supérieur et le Mississipi. Les travaux sont très-avancés dans toute la traversée du Minnesota et commencés dans le Dakota. La ligne entière paraît pouvoir être terminée en 1875. — La plus grande partie des ouvriers employés se compose d'émigrants suédois.

Par opposition à cette ligne appelée *Northern Pacific Railroad,* on donne le nom de *Central Pacific* à la ligne entière d'Omaha à San Francisco.

On a ouvert le 4 septembre 1870 l'embranchement de Cheyenne à Denver (Colorado) et la lacune que le *Kansas Pacific* présentait encore entre Denver et Kansas-City, ville située au sommet de l'angle brusque que forme le Missouri sous le 39e parallèle. En quittant la Californie le 6, nous eûmes un instant l'intention de gagner Saint-Louis par cette voie, au lieu de repasser par Omaha ; mais nous redoutâmes les incertitudes du service des premiers jours. La distance de San Francisco à Saint-Louis est à peu près la même par les deux routes; mais l'achè- Kansas Pacific.

vement prochain d'un tronçon qui se construit entre Plattsmouth (embouchure de la rivière Platte) et Phillicothe créera une ligne plus directe d'Omaha à Saint-Louis et rendra (dit-on) la route d'Omaha plus courte que l'autre de 160 kilomètres. Du reste, le courant commercial qui se porte vers l'Est par Saint-Louis est bien moins important que celui qui emprunte la voie de Chicago.

Nous mentionnerons encore ici un embranchement qui se construit entre Saint-Joseph et Fort-Kearny, point de jonction avec la ligne d'Omaha. On pense qu'il se terminera en 1872.

Atlantic and Pacific.

Une quatrième grande ligne, qui part de Saint-Louis même, s'infléchit d'abord un peu vers le Sud pour gagner le 36e parallèle, traverse la « *Réserve Indienne* » située entre le Kansas et le Texas, puis le Nouveau-Mexique et l'Arizona. La Compagnie concessionnaire a obtenu des terres, mais des terres seulement. La ligne ne se construit provisoirement que dans les limites de l'État de Missouri. Bien que les travaux aient été commencés le 4 juillet 1863, il n'y avait encore au mois de juillet 1870 que 80 kilomètres reçus par le gouvernement et livrés à la circulation.

A raison des difficultés particulières que présentera l'établissement de cette ligne dans la traversée de la Réserve Indienne, difficultés tenant au dénûment d'un pays désert et peut-être à l'hostilité des tribus chasseresses qu'on va troubler dans ce dernier asile, le Congrès se serait, dit-on, engagé à ne pas concéder d'autre chemin de fer parallèle à celui-là dans l'étendue de la Réserve. Il aurait accordé un monopole du même genre à la Compagnie du *Missouri Kansas and Texas*, dont la ligne, partant du Kansas Pacific par les deux branches de Riley et de Topeka à Emporia, se dirige ensuite vers le Sud.

Memphis, El Paso and Pacific.

Il y a enfin une cinquième ligne, plus méridionale encore que les précédentes, c'est celle du 32e parallèle. Son point de départ nominal sur le Mississipi est Memphis (Tennessee). Traversant la rivière d'Arkansas à Little-Rock et la Rivière-Rouge (Red River) à Fulton, elle passera par El Paso (à l'angle de jonction du Texas, du Nouveau-Mexique et du Mexique) et aboutira à San-Diego, le meilleur port de la Californie après San Francisco. On évalue à 2.000 milles (3.200 kilomètres) la distance de Memphis à San Diego.

Entre Memphis et Fulton il existe déjà un chemin de fer qui appartient à deux Compagnies différentes, soudées à Little-Rock, et indépendantes de celle qui s'est constituée sous le nom de *Memphis El Paso and Pacific*. Celle-ci n'est que trop connue sur le marché financier de Paris. Il est bien regrettable que ses bons hypothécaires aient été admis à la cote officielle de la Bourse. Des hésitations s'étaient, dit-on, produites à ce sujet, et la Compagnie se plaignait en 1870 au sénat de Washington de la nature des renseignements fournis par le ministre plénipotentiaire des États-Unis. Ceux que nous avons recueillis nous-même en Amérique prouvent combien était prématuré l'appel fait à la confiance de nos capitalistes.

---

§ 2. — DU TRANSPORT DES CHARBONS DE LA PENNSYLVANIE.

Le Chemin de fer du Pacifique se prête, dans son isolement relatif, à une simplicité d'exposition que ne comporte pas l'écheveau plus ou moins compliqué, parfois même embrouillé, des autres lignes américaines. Pour prendre un second exemple, un second cadre plutôt, propre à faire connaître des faits particuliers, nous allons grouper les voies de transport qui servent aux charbons de la Pennsylvanie. Au centre de cet État sont des gisements houillers que l'on peut placer au premier rang parmi les richesses minérales du nouveau monde. De grandes voies d'eau et de fer les relient avec les ports de New-York, Philadelphie, Baltimore, d'où le cabotage répand les charbons sur tout le littoral de l'Atlantique : nous donnerons une idée sommaire des tracés, des profils en long, du tonnage. Mais d'abord nous parlerons des *plans inclinés* qui sont à l'origine de ces grandes voies, et nous commencerons par quelques mots sur les mines elles-mêmes.

Ces notes paraîtraient moins décousues si le lecteur pouvait parcourir par la pensée, en wagon ou en locomotive, les riantes vallées et les forêts vierges du domaine concédé il y a deux siècles à William Penn par la couronne d'Angle-

terre. On ne trouvera ici qu'un reflet de ce que nous avons vu, un écho de la conversation des ingénieurs qui ont bien voulu nous servir de guides. Nous supposons qu'on a l'Atlas sous les yeux.

I. — MINES.

Renseignements divers.

La géographie physique de la Pennsylvanie peut s'indiquer en quelques lignes.

Cet État s'étend sur les deux versants de la chaîne des Alleghanys jusqu'à l'Ohio d'un côté, jusqu'à la Delaware de l'autre. L'Ohio, formé par la réunion de la Monongahela et de l'Alleghany, commence à Pittsburg, le plus grand centre industriel de l'Amérique. La Delaware reçoit deux affluents principaux : le Lehigh, qui aboutit à Easton, et le Schuylkill, qui aboutit à Philadelphie; elle se termine au cap May. Au centre de la Pennsylvanie, sur le versant de l'Atlantique, s'étale le bassin de la Susquehanna, qui à lui seul égale en étendue le sixième de la surface de la France. La Susquehanna vient du Nord et de l'Ouest par deux branches qui se réunissent près de Northumberland et de Sunbury; elle reçoit un peu plus bas la Juniata; elle se termine à l'extrémité nord de la baie de la Chesapeake, non loin de Baltimore. — Telles étaient les voies naturellement indiquées pour l'exportation des produits de l'intérieur.

On trouve sur le versant de l'Ouest et sur quelques points de l'autre du charbon bitumineux ou mou (*soft coal*) et du charbon demi-bitumineux. On en extrayait durant l'année 1866 3.170.493 tonnes, dont 2.120.000 tonnes dans les environs immédiats de Pittsburg. Mais le charbon dont nous avons spécialement à nous occuper, c'est de l'anthracite localisée sur le versant de l'Est en trois régions qu'on désigne ainsi qu'il suit : 1° la région méridionale ou du Schuylkill, qui s'étend jusqu'à Mauch-Chunk; Pottsville est au milieu; — 2° la région intermédiaire (Beaver Meadow, Shamokin, Trevorton); — 3° la région septentrionale ou de Wyoming et Lackawanna (Wilkesbarre, Pittston, Scranton).

L'extraction de l'anthracite a suivi la progression indiquée ci-après :

	PAR AN. tonnes.	MOYENNE PAR JOUR. tonnes.
En 1820.	370	1
En 1830.	174.734	479
En 1840.	864.384	2.368
En 1850.	5.358.899	9.203
En 1860.	8.412.946	23.049
En 1866.	12.703.882	34.805

On estime qu'il y a 30 mètres d'épaisseur d'anthracite dans la région du Schuylkill, 18 mètres et 24 mètres dans les deux autres, en tout 37 milliards et demi de tonnes. En déduisant un tiers pour perte à subir dans l'exploitation, il reste 25 milliards de production utile à réaliser. Si l'on prenait pour base l'exploitation de 1866, le bassin du Schuylkill ne serait pas épuisé avant 2300 ans et les deux autres avant 1216 et 1979 ans. Mais on compte sur une augmentation annuelle de 15 à 20 pour 100.

En général les couches d'anthracite présentent un plissement qui est en rapport avec le relief du sol et se rencontrent à une profondeur de 100 à 120 mètres. On les atteint quelquefois par des puits verticaux, mais plus souvent par des galeries inclinées, au moins dans la région du Schuylkill. Ces galeries blindées, de 5 mètres environ de largeur, sont ouvertes à flanc de coteau. Les wagons chargés de houille remontent en même temps que les wagons vides redescendent, au moyen d'une machine fixe et d'un tambour de 3 mètres de diamètre sur lequel un câble est fixé par ses deux extrémités : il s'enroule d'un côté du tambour et se déroule de l'autre. La machine à vapeur a souvent deux cylindres horizontaux de $0^m,60$ de diamètre et 1 mètre de course environ ; elle est de la force de cent chevaux.

Appareil d'épuisement de M. Hecksher.

La mine dite de Koïnor, dans la vallée de Mahanoy, s'exploite au moyen d'un puits vertical. Elle a pour directeur un Français, M. Richard Hecksher, qui a imaginé pour les épuisements un appareil nouveau.

Cet appareil, dont on nous a montré un modèle en petit, était en voie d'installation. Il consiste en une cage en charpente qui présente une plate-forme au-dessus d'une caisse étanche. Quand on fait descendre la cage au fond du puits, la plate-forme affleure le niveau de la galerie et peut recevoir le wagon

qu'on amène dessus. En même temps la caisse plonge dans un puisard : elle s'y emplit spontanément, puis remonte (en même temps que le wagon) au sommet du puits, où elle se vide en basculant d'elle-même. Le fond de cette caisse, au lieu d'être horizontal, est disposé en biseau et à charnière, pour que la caisse puisse pénétrer dans l'eau quand on la descend, s'y ouvrir toute seule et se refermer quand on la remonte. La capacité utilisable est de 1.500 gallons, soit $0^{mc},00378 \times 1.500 = 5^{mc},67$. Suivant M. Hecksher, la double opération de descente dans le puits (à 120 mètres de profondeur) et de remonte pourra s'effectuer en dix-huit secondes, ce qui permettra d'enlever par seconde un volume d'eau de $0^{mc},31$. Suivant l'usage, le système sera double, pour qu'on puisse utiliser le poids de la cage descendant à vide.

On voit que cet appareil dispense de pompes et de tuyaux; il écarte toute préoccupation relative à l'obstruction des soupapes ou à l'usure des cylindres par les eaux vaseuses; simple et rustique de construction, il pourra toujours être réparé par les ouvriers du pays; il utilise enfin beaucoup mieux la force motrice. L'inventeur en attend une grande économie.

Coal-Breaker. Les Américains attachent une grande importance à employer l'anthracite en morceaux d'une grosseur uniforme et rigoureusement subordonnée à l'emploi spécial qu'on en veut faire. On distingue les sept catégories suivantes :

	PASSANT	NE PASSANT PAS
	A travers une grille dont les barreaux sont espacés de	
1° Lump (gros morceaux)	»	114^{mm}
2° Steamboat (pour les chaudières des bateaux à vapeur de rivière)	114^{mm}	63
3° Broken (cassé)	»	»
4° Egg (œuf)	»	44
5° Stove (poêle)	44	32
6° Chesnut (châtaigne)	32	19
7° Pea (pois)	19	10

La préparation qu'on fait subir au charbon extrait de la mine consiste à casser une partie des plus gros morceaux, à enlever les schistes mélangés aux cinq premières catégories, à laver le charbon des cinq dernières, enfin à classer le tout :

sauf l'enlèvement des schistes, qui se fait à la main, les autres opérations s'effectuent mécaniquement comme on va le voir.

L'appareil complexe dont on se sert est renfermé dans une construction en charpente de 70 à 80 mètres de longueur sur 20 à 25 mètres de largeur et 30 à 40 de hauteur. Cette construction sans fenêtres extérieures rappelle un peu par son aspect général les *élévateurs à grains* de Buffalo. — On commence par hisser tout en haut, à l'aide d'un plan incliné à deux voies, les wagons remontés de la mine avec leur chargement d'environ 2 tonnes ou $2^{mc},4$. L'ouverture du panneau postérieur des wagons fait tomber alors le charbon sur une glissière à claire-voie (de 63 millimètres d'ouverture entre les barreaux), au bas de laquelle est un palier C. Les morceaux des cinq dernières catégories passent par la grille B; le *lump* et le *steamboat* s'arrêtent sur le palier C, où on enlève à la main les schistes que l'on aperçoit. Puis on pousse les morceaux restants sur une seconde glissière présentant encore une grille F de 114 millimètres, qui laisse passer le *steamboat*. Dès lors le *lump*, isolé, descend par la glissière G jusqu'aux wagons qui l'attendent sur la voie S, et le *steamboat*, tombé sur la glissière H, se rend dans les wagons qui l'attendent sur la voie R. Ajoutons, avant de revenir aux cinq catégories inférieures, que le palier C présente une trappe par laquelle on peut se débarrasser d'une partie des gros morceaux si l'on ne veut pas conserver tout ce qui en est venu par l'extraction. Ces gros morceaux tombent entre deux cylindres où ils se concassent; le produit du concassage tombe au sommet de la glissière H et passe à travers une grille de 63 millimètres, sauf les morceaux de *steamboat* qui rejoignent celui qu'on a isolé déjà sans concassage.

Tous les fragments ayant passé par la grille B tombent sur un glacis qui les dirige à l'intérieur d'un crible cylindrique D, dont l'axe est légèrement incliné. Ce crible est formé de deux tronçons posés bout à bout et dont le second a des mailles extérieures un peu plus grandes. L'eau arrive d'ailleurs en abondance sur ce crible, lancée par une pompe de $0^{m},25$ de diamètre et $0^{m},76$ de course. Voici la séparation qui s'y opère : 1° Le premier tronçon a des mailles de 19 millimètres qui laissent passer le *pea* et la poussière : l'eau les entraîne par un conduit spécial vers un deuxième crible cylindrique N de 1 millimètre de maille dont la pous-

sière seule peut s'échapper, et le *pea* arrive à la case *finale*, d'où on le fera écouler par une manœuvre de vanne quand les wagons de la voie Q arriveront en face de cette case ;— 2° le tronçon inférieur du crible D ne retient que le *broken*, il laisse échapper pêle-mêle l'*egg*, le *stove*, le *chesnut* et même un peu de *broken*, qui s'en vont, entraînés par un courant d'eau, vers un crible K″. Ce crible (de 7 mètres de longueur) est formé de trois parties : la première, dont les mailles ont 32 millimètres, laisse passer le *chesnut* qui se rend dans une *case* voisine de celle du *pea* ; la deuxième, dont les mailles ont 44 millimètres, laisse passer le *stove* ; la troisième laisse passer l'*egg* ; enfin le *broken*, qui reste seul, va occuper la dernière des cases que longe la voie Q.

Nous avons d'ailleurs laissé la partie principale du *broken* sortant seule du premier crible D. Elle se dirige vers un autre crible K′, analogue à K″ et placé symétriquement par rapport à l'axe de l'édifice. Mais, avant d'y pénétrer, le charbon passe par une deuxième paire de cylindres concasseurs I. Il se sépare ensuite successivement en quatre parties.

Les neuf cases dans lesquelles se trouvent finalement classées les cinq catégories inférieures de charbon ont 4 mètres environ de largeur perpendiculairement à la voie Q, le long de laquelle elles occupent 20 à 25 mètres de longueur totale.

La machine à vapeur U, qui sert à l'extraction du charbon, sert en même temps à hisser les wagons au sommet du *breaker*. Il arrive souvent d'ailleurs que la galerie de mine, ouverte à flanc de coteau, est à un niveau tel qu'il n'y a pas de hissage spécial à effectuer pour les wagons : cela simplifie la construction du breaker. Une machine particulière V met en mouvement les concasseurs et les cribles. Les chaudières sont établies sous un hangar spécial, en dehors du breaker. Les glissières sur lesquelles le charbon descend par son propre poids, avec ou sans eau, sont revêtues de plaques de fonte. Une estacade sert à conduire les wagons chargés des schistes et de la poussière jusqu'en un point de la vallée où l'on puisse former de grands cavaliers.

Ainsi le charbon, chargé dans de petits wagons au fond de la mine, arrive au niveau du sol, puis au sommet du breaker, s'y décharge, y subit une manipulation compliquée et finalement se retrouve chargé dans les grands wagons que les locomotives vont emmener aux lieux de consommation. Toute cette sé-

rie d'opérations s'est effectuée en quelque sorte automatiquement. La main de l'homme n'est intervenue que pour trois choses : enlever les schistes (des enfants y suffisent), agir sur des leviers d'embrayage et sur les barres de manœuvre des trappes. Malgré la dépense d'établissement des *breakers*, cette préparation mécanique n'augmente que de quelques cents le prix du charbon.

Les dessins que nous rapportons et que nous devons à l'obligeance de M. Coxe sont ceux d'un *breaker* récemment établi à la mine de Cross-Creek, près de Drifton, comté de Luzerne. Le prix d'établissement est d'environ 200.000 francs. Dans les *breakers* que nous avons visités avec M. Gowen du côté de Mahanoy, l'eau ne joue pas à beaucoup près un rôle aussi important.

II. — PLANS INCLINÉS.

Plan incliné de Mahanoy.

Pottsville, situé dans le haut de la vallée du Schuylkill, est séparé du vallon de Mahanoy, qui dépend du bassin de la Susquehanna, par la montagne appelée *Broad-Mountain*. Le vallon de Mahanoy contient de nombreuses mines de houille dont les produits, chargés en wagons, sont amenés par des locomotives ordinaires au pied d'un plan incliné qui les élève au sommet de Broad-Mountain. De là, ils descendent à Pottsville par une pente de 53 millimètres que desservent des locomotives spéciales. Nous dirons un mot plus tard du mode d'exploitation de ce versant du Schuylkill ; pour le moment nous n'allons parler que du plan incliné de l'autre versant.

Ce plan a $714^m,84$ de longueur et rachète une pente totale de $107^m,51$. La pente moyenne est donc de $\frac{1}{7}$ ou 0,15. Mais le profil en long n'est pas une ligne droite : c'est à peu près une chaînette dont l'inclinaison au sommet est de 0,224.

Il y a deux voies principales sur lesquelles les wagons montent et descendent alternativement. Ces voies ont la largeur ordinaire de $1^m,436$. Chacune d'elles présente d'ailleurs deux rails intérieurs, distants de $0^m,99$ seulement, sur lesquels se meut un petit truck à quatre roues disposé de façon à pousser les wagons pleins sur la rampe tandis qu'un autre retient les wagons vides sur la pente. C'est sur le truck-pousseur qu'agit le *câble de traction*, en passant sous les wagons. Un *câble de queue* réunit les deux trucks. Deux grandes poulies,

placées souterrainement dans l'entrevoie, l'une au sommet du plan et l'autre au pied, permettent respectivement à chacun des deux câbles de passer d'une voie à l'autre. La poulie du sommet a son axe fixe; mais l'autre est placée sur un chariot qui, relié par une corde et des poulies à un contre-poids de 1.800 kilogrammes, assure l'uniformité de la tension malgré les variations du poids remorqué et de la température.

Les deux rails principaux de chaque voie reposent sur des longrines fixées sur des traverses. Ces mêmes traverses portent les rails de la voie intérieure et les petits bâtis des galets de support du câble. Ces galets sont placés à 15^{m},25 d'intervalle. Ils sont en bois et tournés d'une seule pièce. Leur diamètre varie de 0^{m},23 à 0^{m},35.

Le câble de traction a 57 millimètres de diamètre et celui de queue 32 millimètres. L'un et l'autre sont en fils d'acier tordus. C'est un point de grande importance dans l'exploitation des plans inclinés que l'usure des câbles. On s'applaudit beaucoup ici d'avoir fait l'âme des câbles non pas avec du chanvre qui, le câble s'aplatissant, sort dans l'intervalle des fils métalliques extérieurs, mais avec des fils d'acier plus petits et plus serrés que les autres : cette âme est elle-même un câble en miniature, formé de sept brins dont chacun comprend sept fils. Les brins extérieurs sont au nombre de six, et chacun d'eux comprend dix-neuf fils. (Nous avons déjà parlé, à l'occasion des ponts suspendus, de l'âme des câbles en fils métalliques.)

Un ressort ou tampon en caoutchouc est interposé entre le câble et le petit truck.

On fait monter ordinairement 10 wagons à la fois. Quand les wagons chargés arrivent au sommet du plan, le truck-pousseur étant à l'arrière, rien n'empêche d'atteler en tête la locomotive qui emmène le train dans la direction du Schuylkill. Mais les wagons vides qui arrivent au bas du plan ont besoin, eux aussi, de continuer leur route, et une autre locomotive est là, qui les attend pour les conduire vers les mines. Il faut donc que le truck *de retenue* disparaisse. Il disparaît en plongeant avec ses rails dans la galerie souterraine où se trouve déjà la poulie horizontale de l'appareil tenseur; les wagons vides continuent à rouler par-dessus en vertu de leur vitesse acquise.

Arrivons à l'appareil moteur.

Il est placé au sommet du plan, sous l'une des deux voies. Une machine à vapeur à deux cylindres horizontaux fait mouvoir par des bielles directes un grand tambour *C* qui, par un engrenage, en entraîne un autre *B*. Le câble de traction, venant de l'une des voies, et infléchi par une poulie, vient passer sur le tambour *B*, descend, puis remonte et rétrograde vers le tambour *C* qu'il enveloppe à son tour sur la moitié de sa circonférence. Ce contact assuré suivant la figure presque entière d'un ∞ ne déterminerait pas une adhérence suffisante; aussi, avant de diriger le câble vers la grande poulie qui lui permettra de passer d'une voie à l'autre, on le ramène en arrière à l'aide de deux poulies *D*, *E*, que le plancher nous cache; puis il se relève, et une dernière poulie *G* lui rend, avec une faible déviation, la direction qu'il avait en arrivant, de sorte qu'il peut s'enrouler une seconde fois sur les deux tambours. (Voir le diagramme fait en perspective.)

Pour ménager les câbles, on fait en bois de chêne les gorges sur lesquelles ils s'appliquent, tant pour les deux tambours que pour les diverses poulies de renvoi. Ces garnitures se composent de blocs qu'on fixe très-simplement à l'aide de boulons et qui présentent au câble une section normale à la direction des fibres. Ces blocs et les galets du plan incliné se confectionnent économiquement dans un petit atelier contigu à la chambre de la machine.

Les cylindres à vapeur ont $0^m,81$ de diamètre et $2^m,13$ de course. La pression est de 562 kilogrammes par millimètre carré. Les tambours font trente-deux tours par minute, ce qui correspond à une vitesse de 427 mètres par minute sur le plan incliné.

Les chaudières sont placées dans un bâtiment séparé, qui a comme l'autre 45 mètres de longueur sur 15 mètres de largeur environ et se développe parallèlement, à un niveau un peu plus bas. Entre les deux on a ménagé la place nécessaire pour une estacade où arrivent des wagons qui, s'ouvrant par le fond, se vident sur un glacis d'où le charbon glisse de lui-même à l'entrée des foyers. En dessous est ménagée une galerie souterraine où de petits wagons viennent recevoir les cendres qui tombent de ces mêmes foyers. Ces dispositions si simples économisent beaucoup de main-d'œuvre. — Il y

a vingt-quatre chaudières cylindriques de $8^m,54$ de longueur et $0^m,91$ de diamètre. Il y en a généralement seize en feu à la fois : on en allume quatre autres quand il y a beaucoup de wagons à monter ; il en reste toujours quatre pour parer aux éventualités.

Une communication électrique existe entre les deux extrémités du plan incliné. Un agent posté au sommet fait à l'aide d'un timbre les signaux nécessaires au mécanicien qui se tient dans la chambre de la machine.

Le service normal consiste à faire monter quatre-vingt tonnes de poids brut tandis qu'il en descend trente. Mais on se passe de wagons descendants quand on n'en a pas.

En une heure de travail on peut faire passer 120 wagons chargés et 120 wagons vides, les premiers représentant 360 tonnes de poids mort et 600 tonnes de charbon.

Il importe beaucoup de remplacer les câbles avant qu'ils cassent, afin de prévenir les dommages considérables qu'occasionnent les ruptures. D'après les enseignements de l'expérience, on croit prudent d'abandonner un câble quand il a remorqué deux millions de tonnes, ce qui correspond normalement à un

poids brut monté de . . . . . 3.200.000 tonnes,
plus un poids brut descendu de . . . . . 1.200.000 »

C'est donc là, sauf le cas d'avaries locales, la mesure des services qu'un câble peut rendre.

M. Gowen nous a communiqué un rapport critiquant, comme irrationnelle, la forme de chaînette donnée au profil en long du plan incliné de Mahanoy, proposant de le rectifier suivant une ligne droite, et annonçant qu'on pourrait ainsi desservir un tonnage deux fois plus considérable. La composante, parallèle au plan, du poids du train descendant diminue en même temps que celle du train montant augmente ; mais les longueurs du câble qui favorisent ou entravent le mouvement par leur poids propre varient en sens inverse ; il y a d'ailleurs intérêt à faciliter le démarrage. Par cette double considération, M. Gowen se demandait dans quelle mesure la forme primitive du plan incliné pouvait être à rectifier.

Voici le relevé précis des dépenses faites pour l'exploitation du plan incliné de Mahanoy durant l'année expirée au 3 novembre 1869 :

	FRANCS.
Salaire des ouvriers	163.496,80
Réparation des machines	72.141,50
Anthracite brûlée	98.849,25
Huile de baleine : 1.196 litres à 1 fr. 50	1.738,00
Suif	8.739,15
Kérosine	276,75
Saindoux	2.211,25
Crude	1.335,00
Coal Tar : 7.993 litres à 0 fr. 13	1.056,00
Étoupes de coton : 610 kilogr. à 1 fr. 77	1.077,60
Pin pour éclairage	11.975,00
Réparation de la voie	16.385,85
Usure des câbles, estimée	15.000,00
Dépenses de locomotives	27.144,00
TOTAL	421.426,15

Le tonnage monté ayant été de 1.509.870^{t},07, le prix de revient par tonne a été de 0^{f},263.

Ce plan incliné, que nous avons descendu sur une locomotive placée en arrière du train de wagons vides, ne sert pas à la circulation des voyageurs.

Il en est de même du double plan incliné de Gordon, que nous avons monté dans les mêmes conditions pour retraverser *Broad Mountain* et revenir vers le Schuylkill.

Plans inclinés de Wilkesbarre.

Le double plan incliné de Wilkesbarre, que nous avons visité deux mois plus tard, sert encore à passer du bassin de la Susquehanna dans celui de la Delaware. La ville de Wilkesbarre est située sur le bord même du premier de ces fleuves, et le plan incliné en est distant de quelques kilomètres. Il y avait longtemps déjà que ce plan servait à conduire l'anthracite de la région de Wyoming à New-Haven, origine du Lehigh canalisé, quand la Compagnie du Lehigh-Coal & Navigation établit de New-Haven à Wilkesbarre une seconde ligne de rails qui sert non-seulement au transport des voyageurs, mais aussi au retour des wagons vides. On s'occupa à la même époque (1866) de remanier les plans inclinés en y introduisant diverses améliorations.

La machine motrice, au lieu d'être établie sous la voie comme à Mahanoy, est

placée à côté et à peu près au même niveau. Les cylindres à vapeur sont verticaux au lieu d'être horizontaux et agissent non pas directement sur un des tambours, mais sur une roue dentée qui engrène avec l'un et l'autre. La poulie de renvoi supérieure, au lieu d'être inclinée à 45°, est horizontale. Les tambours ont 6 mètres de diamètre et la roue intermédiaire qui les conduit 1^{m},80. Les cylindres ont 0^{m},80 de diamètre et 1 mètre de course; la machine a une force de huit cents chevaux. Le câble, qui a 42 millimètres de diamètre, enveloppe trois fois le système des deux tambours. Il se trouve affranchi par cette disposition générale de coudes brusques et multipliés qui occasionnent des frottements et des pertes de force.

Le câble de queue et l'appareil tenseur sont les mêmes qu'à Mahanoy. Mais le petit truck auquel sont attachés les câbles présente une différence importante : il roule sur la même voie que les wagons. On économise ainsi les rails d'une double voie qui a près de 4.500 mètres de longueur, soit 18.500 mètres de rails qui, à raison de 20 kilogrammes le mètre courant et de 0^{f},25 le kilogramme (prix miminum en Pennsylvanie), représentent une économie de 90.000 francs. — Il fallait toujours que le petit truck pût disparaître au bas du plan incliné en laissant le passage libre aux wagons vides qu'il précède ; voici comment on a résolu le problème.

Il existe encore sous la voie, au bas du plan incliné, une fosse dans laquelle le truck descend quand il arrive au point X, et où il continue à rouler seul tandis que les wagons qu'il précédait continuent à rouler au niveau du sol en suivant la voie AA'. Comment donc ce truck peut-il passer de la voie AA' à la voie CC'? Le passage s'opère par le moyen de deux aiguilles M et S, et grâce à ce que les roues du truck, dont le boudin est extérieur, sont susceptibles de se rapprocher en se mouvant le long de leur axe. Les deux aiguilles sont pressées par des ressorts qui tendent à les ramener dans le sens indiqué par les flèches. Supposons le truck descendant et arrivant au point V par la voie AA'. Son boudin s'engage en dedans de la pointe entre-bâillée de l'aiguille M, puis rencontre sans choc cette branche évasée qui refoule la roue à mesure que le biseau par lequel se termine le rail fixe rend le refoulement possible. La jante de la roue en vient ainsi à porter partiellement sur le contre-rail N, qui est au même niveau que le

rail A. Un peu plus loin, le boudin rencontre l'aiguille S qui, maintenue extérieurement par le rail A, complète le déplacement transversal, et le contre-rail N devient le rail C.

Mais ce n'est pas tout; il faudra que le truck remonte, et qu'il remonte en se plaçant non plus en tête, mais à la queue du train. Pour cela on le fait remonter non au point X (où il est descendu), mais en un autre point Y, assez éloigné du premier pour qu'on puisse d'abord amener entre ce point X et le point Y tous les wagons que le truck doit pousser. — Le truck étant au fond de la fosse en Z, sur la voie CC', si on le ramène en arrière, le boudin est arrêté en *b* par une aiguille R qu'il avait bien pu faire ouvrir quand il est arrivé dans l'autre sens, mais qui maintenant le repousse au dehors en écartant les roues du truck, et celles-ci roulent bientôt sur un rail intermédiaire B qui réunit les points de rotation des aiguilles R et S. L'aiguille S repousse encore le boudin de la roue; mais ce boudin, après avoir forcé la pointe *a* à s'ouvrir, resterait maintenu dans sa position par la partie rectiligne de l'aiguille M si l'on ne faisait intervenir un nouvel organe. Il s'agit du contre-rail P qui, plus élevé que les rails M et N, et agissant sur la face verticale intérieure de la roue, repousse cette roue au dehors; il la repousse malgré l'aiguille M qui s'ouvre et livre passage au boudin. Dès lors le truck roule sur la voie normale AA'.

Tel est l'ingénieux système que nous avons vu fonctionner et dont M. Dimpfel nous a dit que les résultats pratiques étaient excellents. L'appareil moteur, plus simple que celui de Mahanoy, serait parfait suivant lui si le creusement inévitable des trois gorges dans lesquelles le gros câble se loge, sur l'un et l'autre tambour, n'avait pour effet de créer des inégalités de diamètre, d'où résulte qu'il faut que le câble glisse sur un des tambours ou se casse.

Les deux plans inclinés que l'on voit l'un au-dessus de l'autre ont une longueur totale de 4.500 mètres environ. Ils peuvent élever 6.000 tonnes par jour à plus de 500 mètres de hauteur au prix de 1 cent par tonne et par mille, soit 0f,035 par tonne et par kilomètre.

La Lackawanna, qui se jette dans la Susquehanna à Pittston, et le Lackawaxen, affluent de la Delaware, se rapprochent beaucoup vers leurs sources, et l'on peut passer d'un vallon dans l'autre par un col situé à l'altitude de 576 mètres. Plans inclinés de Carbondale.

Un service de voyageurs fonctionne jusqu'à Carbondale d'un côté et Honesdale de l'autre, stations établies toutes deux à 280 mètres plus bas. Mais les houilles seules circulent sur les rails dans l'intervalle de 30 kilomètres environ qui les sépare. L'anthracite de la région de Scranton afflue à Carbondale ; d'Honesdale partent, comme nous le verrons plus loin, deux grandes voies dirigées vers New-York et notamment le canal de la Delaware à l'Hudson. La compagnie de ce canal, qui possède une partie des gisements d'anthracite, a créé et, à diverses reprises, remanié le chemin de fer qui amène le charbon jusqu'à la voie navigable.

Le besoin de franchir la montagne au pied de laquelle est Carbondale était si évident que dès l'année 1827 on y avait installé des plans inclinés. Il n'y en avait que deux alors pour gravir ce versant de 7 à 8 kilomètres de longueur. En 1857, on avait trouvé avantageux de raccourcir les plans inclinés en les multipliant : on en avait porté le nombre à 6 ; aujourd'hui il y en a 17, toujours sur le seul versant de Carbondale.

Ces 17 plans inclinés ont une longueur variable de 305 à 427 mètres, soit en moyenne 366 mètres environ, et ils sont séparés par des intervalles variant de $34^m,16$ à $91^m,50$, soit d'environ 60 mètres en moyenne. Sur ces espaces intermédiaires, la voie est inclinée en sens inverse, de 10 millimètres par mètre, afin que les trains, une fois hissés au sommet d'un plan, gagnent par le seul effet de la gravité le pied du plan incliné suivant, où un autre câble les reprendra. En outre, la série des plans inclinés montant vers le faîte est interrompue et divisée en deux groupes que séparent trois ou quatre plans inclinés descendants. Nous verrons comment l'exploitation pourvoit à cette particularité. — La pente des plans inclinés varie de $\frac{1}{8}$ à $\frac{1}{10}$.

Au lieu de deux voies, comme à Mahanoy et à Wilkesbarre, les plans inclinés de Carbondale n'en ont qu'une seule, sur laquelle les wagons montant à charge alternent avec ceux qui descendent à vide. Mais on construit en ce moment même pour les wagons vides une voie de retour (*back track*) contournant la montagne : ces wagons ne descendront plus par les plans inclinés.

Les wagons sont montés sur deux trucks à quatre roues en fonte. Le diamètre de ces roues n'est que de $0^m,50$; cependant les dernières construites ont $0^m,60$. Chaque wagon est muni de freins sur lesquels on peut agir avec le pied en

s'aidant de deux puissants leviers. Les trains halés par le câble se composent ordinairement de 5 à 6 wagons pesant 5 tonnes chacun. — La pression par roue n'excède guère 6 tonnes.

On a d'abord employé des rails en bois protégés par des bandes de fer ; on les a remplacés par des rails en fer auxquels on a récemment substitué des rails en acier pesant 22 kilogrammes par mètre courant. La largeur de la voie est de $1^m,22$ seulement, comme à Wilkesbarre.

Passons à l'appareil moteur.

On a vu qu'à Mahanoy et à Wilkesbarre le câble fonctionne comme une courroie sans fin, fixé qu'il est, savoir : 1° au sommet du plan, à deux tambours autour desquels il fait deux ou trois tours ; 2° au bas du plan, à une poulie que maintient un tenseur. Cette poulie existe aussi à Carbondale ; mais il n'y a qu'un tambour au lieu de deux, et nous y avons vu deux modes différents d'enroulement du câble.

Dans *l'ancien* mode, on avait renoncé au principe de la courroie sans fin. Le câble (qui a 60 millimètres de diamètre) est fixé par ses deux extrémités libres en deux points différents du tambour, en A vers l'une des bases et en B vers le milieu. Il peut s'enrouler, soit entre A et B, soit entre B et l'autre base du tambour, d'une longueur égale à celle du plan incliné, l'enroulement ayant lieu de gauche à droite à partir du point A et de droite à gauche à partir du point B, de sorte que le câble s'enroule d'un côté à mesure qu'il se déroule de l'autre. — Cela posé, imaginons que le câble porte, dans la partie qui reste toujours en dehors du tambour, deux anneaux M et N auxquels on puisse accrocher, à l'aide d'un bout de chaîne d'un mètre de longueur, le premier wagon du train. Quand l'anneau M est au sommet du plan, l'autre est en bas ; le tambour est entièrement garni de A en B et entièrement dégagé vers l'autre base. Le train à hisser étant en position au bas du plan, un agent placé sur le premier wagon attend que le mouvement du câble, qui passe sous les wagons, amène l'anneau à l'avant : il accroche alors, la chaîne se tend et le câble entraîne le train. Dès que le premier wagon a dépassé le sommet du plan, le bout de chaîne se détend, ce qui permet de le décrocher ; et le train dégagé continue à se mouvoir, en vertu de la vitesse acquise et de la gravité, sur la pente qui, comme nous l'avons dit, succède à la rampe.

Dans les machines les plus récentes, on est revenu au principe de la courroie sans fin : l'enroulement est réduit à 5 spires. Les spires se déplacent d'une base vers l'autre sur un tambour de 3^{m},05 de diamètre et 2 mètres de longueur. Le câble a 38 millimètres de diamètre; il se loge dans des rainures demi-cylindriques de 40 millimètres d'ouverture et 10 millimètres de profondeur, que séparent des saillies de 15 millimètres d'épaisseur.

Il est évident qu'on économise ainsi une longueur de câble presque égale à celle du plan incliné. Pour un plan incliné de 1.700 pieds (500 mètres) de long, il faut avec l'ancien système 3.400 pieds de *câble principal* (*main rope*) et 1.700 pieds de *câble de queue* (*tail rope*), portion du câble réunissant les deux anneaux par le bas et passant sur la poulie-tenseur. Avec le nouveau système, la longueur est la même pour le câble de queue; mais elle se réduit pour l'autre à 1.900 pieds environ.

L'accrochage et le décrochage sont les mêmes dans les deux systèmes. Du reste, la seconde de ces opérations ne s'opère pas sans quelque difficulté; nous avons vu deux fois le bout de chaîne, au moment où il cessait d'être tendu, se tordre avec le câble, de telle sorte que, ne pouvant plus les séparer, on prenait le parti de détacher la chaîne du wagon, de l'abandonner, et d'en substituer une autre dont on s'était muni.

La vitesse du câble est de 22 kilomètres à l'heure. Les machines à vapeur sont à cylindres horizontaux ; elles ont pour chaque plan une force de 250 chevaux et coûtent 200.000 francs environ.

En cas de rupture du câble de traction, les wagons abandonnés à eux-mêmes sur le plan incliné pourraient aller heurter quelque autre train montant ou blesser des ouvriers du poste immédiatement inférieur. Pour prévenir ce grave inconvénient, on fixe obliquement sur la voie, tous les 5 ou 6 mètres, une pièce de bois qui, mobile autour de son extrémité extérieure, et maintenue par un ressort, se déplace spontanément pour laisser passer les wagons montants, mais arrête et fait dérailler les wagons descendants.

Nous avons dit qu'il y a des plans inclinés à descendre, pour les wagons chargés, entre deux séries de plans inclinés montants. Le problème étant de modérer la vitesse des wagons, on les retient à l'arrière par un câble analogue aux

précédents et s'enroulant encore sur un tambour. Mais c'est ici le train qui met le tambour en mouvement. Ce mouvement se transmet par des engrenages à un second et plus grand tambour (5 mètres de diamètre), pourvu d'ailettes auxquelles l'air oppose une résistance qui absorbe en partie le travail dû à la pesanteur. L'appareil comprend d'ailleurs un frein circulaire ordinaire à bande de fer, sur lequel un homme agit pour régulariser la descente.

Tel est le mode de transport qui, adopté en 1827, avant que les locomotives existassent, est considéré comme étant aujourd'hui encore le plus avantageux dans les circonstances où l'on se trouve à Carbondale. Il exige un personnel assez nombreux ; mais l'établissement de la voie a coûté peu de chose et les rails sont légers. Quoique à petite section, la voie suffit à un trafic journalier de 10.000 tonnes, qui correspond à des trains de 30 tonnes se succédant jour et nuit à quatre minutes d'intervalle.

Sur le versant d'Honesdale il y avait en 1857 huit plans inclinés. On les a supprimés entièrement en les remplaçant par une pente unique et uniforme de 10 millimètres par mètre environ.

Le chemin de fer de Carbondale ou plutôt de Scranton à Honesdale (51 kilomètres) a transporté en 1869 1.333.301 tonnes d'anthracite.

Observations générales.

Lors de la création des chemins de fer aux États-Unis, on eut fréquemment recours aux plans inclinés desservis par des machines fixes, leur établissement pouvant coûter beaucoup moins cher que celui des rampes desservies par des chevaux ou des locomotives. On avait surtout en vue le transport des marchandises; toutefois on utilisa pour le transport des personnes ces voies incontestablement dangereuses. On discutait dès lors sur l'inclinaison qu'il convient de leur donner. On peut voir dans l'ouvrage de M. Michel Chevalier le débat qui eut lieu à l'occasion du chemin de fer dit du Portage, lequel était destiné à relier, par-dessus la chaîne centrale des Alleghanys, deux sections du canal dit de Pennsylvanie. Le colonel Long conseillait des pentes modérées, généralement inférieures à $\frac{1}{20}$ et n'excédant jamais $\frac{1}{12}$, afin que la voie fût au besoin praticable pour des chevaux. M. Moncure Robinson, plus radical dans ses idées, tenait surtout à raccourcir les plans inclinés dans le double but de faciliter le service et de diminuer la dépense des câbles.

Quand les locomotives améliorées purent gravir à moins de frais des rampes plus fortes, le rôle des plans inclinés s'amoindrit. La considération de sécurité en restreignit peu à peu l'emploi aux marchandises. Ils présentent d'ailleurs une complication relative qui est peu en harmonie avec le goût des Américains pour les choses simples et avec l'introduction si fréquente de nouveaux agents insuffisamment préparés par leur éducation antérieure. Néanmoins, il reste établi que les plans inclinés, avec les perfectionnements qu'on y a successivement introduits, procurent dans certains cas une grande économie sur les rampes desservies par des locomotives. Voilà pourquoi il existe encore dans la Pennsylvanie beaucoup de plans inclinés qui ont reçu d'un renouvellement récent de l'outillage une sorte de consécration définitive. C'est là le fait important que nous devons signaler.

Quant aux règles à suivre pour l'établissement des plans inclinés, il est naturel de les chercher dans les dispositions admises en dernier lieu, après des tâtonnements et des expériences qui datent de quarante ans. Le tableau suivant résume les nombres recueillis dans les trois localités que nous avons visitées :

	MAHANOY.	WILKESBARRE.	CARBONDALE.
Nombre des plans inclinés consécutifs.	1	2	17
Longueur de chaque plan.	714^{m},84	2.250^{m}	300 à 400^{m}
Inclinaison.	$\frac{1}{7}$ en moyenne	$\frac{1}{9}$ environ	$\frac{1}{8}$ à $\frac{1}{10}$
Hauteur totale.	107^{m},51	plus de 250^{m}	40^{m} environ
Nombre de voies.	2	2	1
Largeur de voie	1^{m},44	1^{m},22	1^{m},22
Nombre de wagons d'un train.	10	»	6
Poids d'un wagon { chargé	8^{t}	»	5^{t}
Poids d'un wagon { vide	3^{t}	»	»
Poids d'un train { montant	80^{t}	»	»
Poids d'un train { descendant.	30^{t}	»	»
Poids utile monté journellement. . . .	6 à 7.000^{t}	6.000^{t}	10.000^{t}
Diamètre du câble { de traction. . . .	57$^{m.m}$	42$^{m.m}$	60$^{m.m}$ et 38 $^{m.m}$
Diamètre du câble { de queue.	32$^{m.m}$	»	»
Tambours { nombre	2	2	1
Tambours { diamètre.	6^{m}	6^{m}	3^{m},05
Vitesse par heure.	26 kilom.	»	22 kilom.
Force de la machine.	»	800 chevaux	250 chevaux

Les plans inclinés de Carbondale nous ont été cités comme étant aujourd'hui un modèle du genre. On remarquera particulièrement que, la pente demeurant

la même ($\frac{1}{8}$ environ), on a multiplié les plans de façon à les raccourcir considérablement. Puis ces plans ne présentent qu'une seule voie : on n'utilise donc plus le poids des wagons vides ; on trouve préférable d'affranchir de ces wagons le service du plan en les faisant revenir seuls par une route spéciale sur laquelle le frein suffit pour les maîtriser. Enfin le câble, fonctionnant comme une courroie sans fin, s'enroule sur un tambour unique de 3 mètres seulement de diamètre.

Le système de Mahanoy, d'autre part, donne des résultats dont on s'applaudit beaucoup.

III. — GRANDES VOIES DE TRANSPORT.

A. VOIES DIRIGÉES VERS LE NORD.

C'est dans la direction du littoral que sont, pour l'anthracite comme pour tous les autres produits de l'intérieur, les débouchés les plus importants. Mais nous parlerons d'abord de quelques lignes qui portent ce combustible vers le Nord, c'est-à-dire dans la partie occidentale de l'État de New-York et vers les ports des grands lacs. Un canal et trois chemins de fer servent concurremment à ce trafic spécial.

1° Canal de North-Branch.

Le canal dit de North-Branch remonte latéralement à la branche Nord de la Susquehanna, depuis le confluent des deux branches jusqu'à l'embouchure de la rivière Tioga (à Athens). Ce canal avait originairement $12^m,81$ de largeur à la surface et $7^m,93$ au fond, $1^m,37$ de profondeur, des écluses de $27^m,45$ de longueur de sas et $5^m,18$ de largeur : il pouvait porter des bateaux de 100 tonnes. Mais le défaut d'entretien et les crues qui l'ont envahi ont réduit la largeur à $10^m,67$ et $7^m,32$, en même temps que la profondeur se réduisait à $1^m,22$, de telle sorte que le chargement des bateaux est limité à 80 ou 85 tonnes. Les bateaux chargés ont d'ailleurs à lutter contre un courant d'au moins 1.600 mètres à l'heure, qui augmente beaucoup les frais de traction.

Dans son Rapport annuel de 1869, l'ingénieur en chef des canaux de l'État de New-York estimait que sur un canal où le chargement des bateaux est limité à

ning, latéralement à la Tioga, et Barclay avec Towanda, où l'on trouve le canal et le chemin de fer de la Susquehanna.

L'Érié, qui vient de transformer presque toutes ses locomotives de manière à les alimenter avec du charbon au lieu de bois, consomme annuellement pour cet objet environ 85.000 tonnes d'anthracite et 150.000 tonnes de charbon bitumineux. Il s'est assuré des mines et du chemin de fer de Barclay. Le charbon bitumineux lui arrive à Waverly à un prix tel, dit le rapport de 1869, qu'il procure, par mille parcouru, une économie de quatre cents sur le prix payé dans les premières années pour le même combustible. — En Pennsylvanie, non-seulement le bois coûte plus cher que le charbon par mille parcouru; on est de plus obligé, pour avoir sous la main du bois convenable, d'immobiliser le capital correspondant à l'approvisionnement d'une année.

B. VOIES DIRIGÉES VERS LE LITTORAL.

Nous allons passer en revue treize lignes qui ne comprennent peut-être pas encore la totalité des transports d'anthracite effectués.

1° Chemin de fer de l'Érié.

Honesdale, pied de la grande rampe de 10 millimètres dont nous avons parlé plus haut, est relié par un embranchement de 32 kilomètres avec la gare de Lackawaxen, sur la ligne principale du chemin de fer de l'Érié, à 177 kilomètres de New-York.

Nous avons déjà mentionné ci-dessus le chemin de fer de l'Érié comme une des voies les plus importantes pour le transport des charbons vers le Nord. C'est d'ailleurs une des lignes de premier ordre qui relient le littoral de l'Atlantique avec les États de l'Ouest. En 1869, outre un tonnage total de 4.312.209 tonnes, correspondant à 1.300 millions de tonnes kilométriques, ce chemin de fer a reçu 2 millions et demi de voyageurs, et ses recettes totales se sont élevées à plus de 80 millions de francs. Mais le charbon est un des articles auxquels on tient le plus à cause de la régularité du trafic. Dans son rapport annuel de 1870, le président de la Compagnie informait les actionnaires qu'il avait renouvelé, avec la Compagnie dite du charbon de Pennsylvanie, un marché d'après lequel les transports à effectuer annuellement pour cette Compagnie étaient portés de

900.000 à 1.200.000 tonnes à partir du 1er décembre 1869. En vertu d'un autre marché passé avec la Compagnie dite du Charbon du Lehigh et de la Pennsylvanie, l'Érié devait transporter pour elle annuellement de Honesdale à New-York, pendant une période de vingt années, un tonnage croissant graduellement de 150.000 à 500.000 tonnes. Dès le mois de janvier 1870, on chargeait à Honesdale de 200 à 300 wagons par jour. Le président estimait qu'en 1870 on transporterait de Honesdale ou Hawley à la mer de 2 à 2 ½ millions de tonnes d'anthracite.

Les transports de charbon fatiguant particulièrement la voie dans la partie Est du réseau, on a résolu d'y remplacer les rails de fer par des rails d'acier. On en a posé, en 1869, 169 kilomètres, dont $\frac{1}{10}$ provenant d'usines américaines et le surplus importé d'Angleterre. Mais, les rails d'acier coûtant plus du double des autres, on cherche un moyen terme dans les rails à simple couverte d'acier (*steel-headed*). Les forges de Trenton, en partie achetées par la Compagnie de l'Érié, ont laminé pour elle, en 1869, 192 kilomètres de rails à couverte d'acier. L'usage de ces rails diminue beaucoup les frais d'entretien de la voie.

2° Canal de la Delaware à l'Hudson.

Le canal de la Delaware à l'Hudson commence à Honesdale, où ses bassins sont contigus à la gare de l'embranchement du chemin de fer dont nous venons de parler. Il suit également le cours du Lackawaxen jusqu'à la gare de même nom, en vue de laquelle nous l'avons vu franchissant la Delaware par un pont-canal. Il descend la rive gauche du fleuve sur 37 kilomètres de longueur, dans la direction du Sud-Est, jusqu'à Port-Jervis, point remarquable où la route lui est barrée, ainsi qu'au fleuve, par la dernière crête des Alleghanys (*Blue-Mountains*). Tandis que la Delaware s'infléchit brusquement vers le Sud-Ouest, le canal s'infléchit dans la direction contraire, en longeant aussi la chaîne, jusqu'à ce qu'il atteigne l'Hudson à Eddyville, à 137 kilomètres de New-York, à 174 kilomètres d'Honesdale et à 225 de Scranton.

Il y a un point de partage et même deux dans le parcours de 100 kilomètres compris entre Port-Jervis et Eddyville. Mais c'est à peine s'ils interrompent la pente que la voie navigable présente de Honesdale à New-York. On a en effet les altitudes suivantes :

A Honesdale.	285^{m},17
A Port-Jervis.	138^{m},77
Au bief le plus élevé.	163^{m},17

Ce canal, avec un mouillage de 1^{m},22 seulement, porte des bateaux de 245 tonnes. Il a transporté, en 1869, 1.604.654 tonnes d'anthracite.

3e Chemin de fer Delaware, Lackawanna and Western (partie sud).

La Delaware, que nous avons tout à l'heure laissée s'infléchissant vers le Sud-Ouest à partir de Port-Jervis, finit par trouver dans la chaîne des *montagnes bleues* une ouverture (*Water-Gap*) qui lui permet de reprendre sa direction première (au moins jusqu'à Belvidère). En face et à 80 kilomètres de distance, à Pittston, la Susquehanna fait symétriquement un crochet aussi brusque que l'autre. Il y a là une relation de position qu'il est curieux de rapprocher de celles auxquelles s'attache, suivant les observations de M. Brisson, un indice certain de la position des cols les plus déprimés. Il y a bien, ici aussi, deux cours d'eau secondaires qui, de *Delaware Water-Gap* et de Pittston, remontent l'un vers l'autre; mais, à en juger par le profil en long du chemin de fer établi entre le premier de ces points et Scranton (où il arrive par une vallée peu éloignée de celle qui aboutit à Pittston), le faîte intermédiaire entre la Delaware et la Susquehanna ne présente sur ce point qu'un passage peu favorable. La Delaware étant à l'altitude 95^{m},77 et Scranton à 225^{m},40, la chaîne se maintient sur une vingtaine de kilomètres à une hauteur de 580 à 590 mètres. Aussi le chemin de fer s'éloigne de Scranton par deux rampes de 14 et 10 millimètres, et il redescend sur le versant de la Delaware par des pentes de 14 et 15.

Le nombre de tonnes de charbon expédié par cette ligne en 1869 a été de 1.594.062 tonnes.

4e et 5e Chemin de fer de la vallée du Lehigh.

Le chemin de fer dit de la Vallée du Lehigh s'étend en ligne principale de Phillipsburg ou Easton jusqu'à Wilkesbarre. Mais, comme voie d'expédition des houilles, on peut le faire commencer aux mines de Mauch-Chunk, au pied de certains plans inclinés que nous n'avons pas visités et dont la convenance économique est, dit-on, contestable.

Ce chemin de fer a transporté, en 1869, 2.310.170 tonnes de charbon, outre 1.276.455 tonnes d'autres marchandises et 763.192 voyageurs. Il se prolonge,

soit directement vers New-York par le New-Jersey Central, soit latéralement à la Delaware de Phillipsburg à Trenton, où quelques transbordements s'opèrent sur le canal de la Delaware au Raritan, à destination de New-York.

C'est la Compagnie de la Vallée du Lehigh qui a construit en 1869 le chemin de fer latéral à la branche Nord de la Susquehanna, de Wilkesbarre à Waverly. Elle s'est ainsi créé un prolongement fructueux vers le Nord.

6° Chemin de fer du Lehigh à la Susquehanna.

Le chemin de fer dit du Lehigh à la Susquehanna se développe parallèlement au précédent d'Easton à Wilkesbarre, sur 161 kilomètres de longueur, en se prolongeant à 8 kilomètres plus loin jusqu'à Union-Junction. Les deux stations sont presque accolées à Wilkesbarre. La seconde ligne appartient à la Compagnie dite *du charbon et de la navigation du Lehigh*, laquelle exploite concurremment sa voie de fer et la rivière canalisée sur 77 kilomètres de longueur, d'Easton à Coal-Port (3 kilomètres en amont de Mauch-Chunk).

Le tonnage d'anthracite sur le chemin de fer en 1869 a été de 1.394.064 tonnes.

7° et 8° Lehigh canalisé.

Le Lehigh canalisé en a reçu, en 1869, 829.079 tonnes.

A partir d'Easton, cette voie navigable se prolonge, soit vers New-York, par le canal Morris qui aboutit à Jersey-City dans l'Hudson, soit vers Philadelphie, par la *Division de la Delaware du canal de Pennsylvanie*, canal latéral à la Susquehanna dont il descend la rive droite jusqu'à Bristol, point où la marée cesse de se faire sentir.

9° Schuylkill canalisé.

La canalisation du Schuylkill, de Philadelphie à Mill-Creek, sur 174 kilomètres de longueur, avait donné il y a quarante ans à la Compagnie concessionnaire de grands bénéfices. Quand la construction du chemin de fer de Philadelphie à Reading vint lui disputer le transport des charbons, elle fit, pour soutenir la lutte, des efforts qui ne furent pas couronnés de succès. La navigation transportait pourtant encore en 1869 1.100.667 tonnes, dont 785.880 tonnes d'anthracite. Une fusion, depuis longtemps attendue, s'est accomplie en 1870. Mais M. Gowen, dont la Compagnie devenait maîtresse des deux voies, nous dit que la rivière était destinée à effectuer, de concert avec le chemin de fer, des transports plus importants que jamais.

10° Chemin de fer de Philadelphie à Reading.

En dehors de ce concours, désormais assuré, de la voie d'eau latérale, le chemin de fer de Philadelphie à Reading, qui pénètre par les ramifications de

ses trente embranchements jusqu'aux *coal-breakers* d'un grand nombre de mines, doit à son profil en long une grande supériorité sur toutes les lignes dont nous nous occupons en ce moment : les transports à charge se font en presque totalité à la descente, et il n'y a que des pentes modérées pour la remonte des wagons vides.

Nous avons vu toutefois que les charbons extraits dans le vallon de Mahanoy arrivent par un plan incliné au sommet de *Broad-Mountain*. Entre ce point et Pottsville, point extrême de l'artère principale du réseau, l'exploitation se fait, sur une rampe de 10 kilomètres de longueur et 33 millimètres d'inclinaison, au moyen de locomotives à dix roues couplées pesant 48 tonnes. Le train descendant se compose ordinairement de 140 wagons à 4 roues pesant chacun 3 tonnes à vide et 8 tonnes à charge, ce qui fait 700 tonnes de poids utile. Du reste, on remplace en ce moment ces wagons à 4 roues par d'autres à 8 roues qui pèsent et portent le double : la locomotive en descend 70 et en remonte 75. Les wagons à huit roues ont l'avantage de former un train plus rigide et qui par cela même se prête avec moins de danger aux brusques arrêts que des circonstances fortuites peuvent exiger à la descente. — L'usage continu des freins, avec les irrégularités de vitesse et la marche saccadée qu'il entraîne, nécessite un renouvellement annuel des rails de fer sur cette rampe que parcourent annuellement plus de 4 millions de tonnes de charbon. On expérimente en ce moment des rails d'acier qui, à ce que l'on suppose, dureraient deux années au lieu d'une. Mais il y aurait là encore un entretien onéreux. La substitution du frein à contre-vapeur au frein ordinaire est un palliatif qui se présente naturellement à l'esprit. La longueur et le poids des trains ne permettraient pas qu'on les maîtrisât avec une seule machine ; mais on pourrait du moins utiliser la puissance de cette machine concurremment avec celle de freins ordinaires multipliés vers la queue du train. On pourrait aussi affecter à ce service local un certain nombre de véhicules lestés, d'une construction plus simple et d'un fonctionnement plus économique que les locomotives, transformés néanmoins comme celles-ci par la contre-vapeur (et sans calage de roues) en appareils de ralentissement.

De Pottsville ou Mount-Carbon à l'entrée de Philadelphie, sur 140 kilomè-

tres de longueur, la ligne principale présente une pente à peu près régulière, sans contre-pente aucune, avec une inclinaison maximum de 40 pieds par mille ($7^{mm},56$). Les wagons chargés n'ont de rampe à gravir qu'à la traversée de l'isthme étroit qui sépare le Schuylkill de la Delaware, au Nord de la ville de Philadelphie; la rampe est de 6 millimètres et demi; une machine de renfort est employée sur ce point.

Pour éviter à la fois les contre-pentes et des tranchées coûteuses dans la sinueuse vallée du Schuylkill, M. Moncure Robinson, qui construisit la ligne il y a trente ans, dut admettre un certain nombre de courbes de 220 à 300 mètres de rayon. On a construit au sommet de ces courbes, en vue de la surveillance et des signaux à faire, de petites tourelles surmontées d'une lanterne vitrée comme celles des phares.

En arrivant sur le bord de la Delaware, le chemin de fer de Reading se ramifie en une centaine de voies. Il y a de quinze à vingt jetées s'avançant dans le fleuve perpendiculairement à la rive et portant chacune deux estacades de 4 à 5 mètres de hauteur, entre lesquelles un chemin de voitures a été ménagé. Le niveau du terre-plein est le même que celui des rues voisines. Le trait original de cette disposition, c'est que le dessous des estacades, dont chacune porte de 3 à 6 voies de fer, est utilisé comme magasin en vue d'une consommation locale considérable et compliquée : les estacades sont closes à cet effet sur les deux rives et divisées en compartiments par des cloisons qui correspondent aux palées. On conserve ainsi la distinction des provenances et des destinataires. Les wagons s'ouvrent par le fond, et des trappes ménagées entre les voies permettent au combustible de tomber immédiatement à sa place. Dans certains endroits, le long de l'allée centrale où stationnent les camions, un plancher incliné (dont le bord inférieur est à $2^{m},50$ environ au-dessus du sol) fait arriver directement dans ces camions le charbon qu'ils doivent emporter : on peut de même embarquer directement au moyen de glissières en fer et bois soutenues par des palans. Les wagons chargés ont tous passé, un à un, sur une bascule (*Fairbank's Scale*) qui en constate le poids sans qu'on ait à les faire arrêter.

Il est descendu en 1869 sur la ligne de Reading à Philadelphie 4.239.457 tonnes

de **charbon**, soit en moyenne par mois. . . . . 354.288 tonnes,
par semaine. . . . . 81.547 —
par jour. . . . . 11.615 —

et cela, bien que pendant six semaines (en mai et juin), par suite d'une grève dans les régions minières, il y eût eu suspension presque complète des chargements d'anthracite. Pendant les quatre semaines finissant au 5 août, le tonnage s'est élevé à 513.914 tonnes, et pendant la période correspondante finissant au 25 novembre, il s'est élevé à 503.755 tonnes. On voit par ces chiffres que la ligne pouvait dès lors transporter au moins 128.000 tonnes de houille par semaine, sans compter certaines autres marchandises. On se proposait d'augmenter le matériel roulant de façon à pouvoir porter le tonnage hebdomadaire à 140.000 tonnes au moins.

La plus grande partie des actions du chemin de fer de Philadelphie à Reading a été dès l'origine souscrite en Angleterre et y est restée concentrée en un très-petit nombre de mains.

11° Chemin de fer de Sunbury à Harrisburg, Lebanon et Reading.

Un chemin de fer qui part de Sunbury descend la rive gauche de la Susquehanna en profitant, pour la traversée des crêtes successives des Alleghanys, des brèches que le fleuve s'est ouvertes. Il peut recevoir par des vallons transversaux l'anthracite de la région intermédiaire et de la région méridionale. D'Harrisburg on gagne Reading dans d'assez bonnes conditions de pente.

12° Chemin de fer de Sunbury à Baltimore.

Le chemin de fer de Sunbury à Harrisburg fait partie de la grande ligne de Sunbury à Baltimore. Il passe à Harrisburg sur la rive droite de la Susquehanna, qu'il continue à descendre jusqu'à ce qu'il rencontre une vallée remontant plus directement au Sud par York. Le point culminant du faîte qu'il faut alors franchir, à 161 kilomètres de Sunbury et à 56 kilomètres de Baltimore, est à 262 mètres d'altitude et présente de part et d'autre d'assez fortes déclivités.

Le nombre des tonnes à toutes distances, expédiées en 1869 entre Sunbury et Baltimore, a été de 971.206. Nous ignorons dans quelle proportion le charbon s'y trouve compris.

13° Chemin de fer de Baltimore à l'Ohio.

Au nombre des voies qui concourent à l'exportation des charbons de la Pennsylvanie centrale nous citerons encore le chemin de fer de Baltimore à l'Ohio, bien que cette grande ligne, placée au Sud de la Pennsylvanie comme le chemin

de fer de l'Érié l'est au Nord, n'ait pas pour destination exclusive, ni même pour destination principale de desservir les régions carbonifères. Nous allons en décrire le tracé avec quelques détails.

Le chemin de fer de Baltimore à l'Ohio est une des premières voies de communication qu'on entreprit pour relier le bassin du Mississipi au littoral de l'Atlantique. Ce n'est pas que le tracé en fût naturellement indiqué comme celui du canal Érié et du New-York Central; si la vallée du Potomac permettait de s'avancer à trois cents kilomètres vers l'Ouest, jusqu'aux riches gisements de charbon bitumineux qui se trouvent à la partie inférieure du versant des Alleghanys, la chaîne centrale formait en ce point une barrière très-difficile à franchir. Aussi, bien que le chemin de fer eût été commencé dès 1830, il s'arrêtait encore à Harper's Ferry en 1840, et ce ne fut qu'en 1853 qu'il atteignit l'Ohio à Wheeling; une autre branche atteignit un peu plus tard la même rivière à Parkesburg. Le réseau total comprend 826 kilomètres, savoir :

Ligne principale de Baltimore à Wheeling	611	kilomètres.
Embranchement de Grafton à Parkesburg	167	»
Embranchement de Relay-House à Washington.	48	»

Depuis sa source jusqu'à son embouchure dans la baie de la Chesapeake, le Potomac sépare le Maryland de la Virginie. Cette longue et sinueuse limite contraste étrangement avec les frontières du Maryland à l'Ouest et au Nord, celles-ci correspondant aux lignes géométriques d'un méridien et d'un parallèle. A l'Ouest, au faîte des Alleghanys, la largeur du Maryland du Sud au Nord est de 60 kilomètres; cette largeur se réduit à 7 kilomètres à Cumberland, à 4 kilomètres à Hancock (deux sommets des courbes du fleuve), et elle atteint 90 kilomètres au nord de Washington. C'est dans cette zone irrégulière que (sauf quelques faibles écarts sur la rive Virginienne du fleuve) se développe la partie du tracé comprise dans le bassin de l'Atlantique. Sur l'autre versant des Alleghanys, le tronçon qui précède Grafton, puis les deux bras de 159 et 167 kilomètres qui s'étendent vers Wheeling et Parkesburg, sont situés dans la Virginie occidentale, État nouveau formé par le démembrement de la Virginie après la guerre de la Sécession. (Wheeling en est l'excentrique capitale.)

Le point de départ du chemin de fer de Baltimore à l'Ohio se trouve vers

l'extrémité Est de la grande cité de Baltimore, à la gare de tête du chemin de fer de Philadelphie. Les wagons qui, venus du Nord, doivent continuer vers Washington ou vers l'Ohio, sont séparés là et traînés chacun par trois ou quatre chevaux à travers la ville entière, sur 5 à 6 kilomètres, jusqu'à ce qu'ils atteignent un autre *terminus* où le train se reforme.

Par un premier trajet de 8 kilomètres, on gagne à Relay-House la vallée du Patapsco, rivière dont l'embouchure forme une petite baie reliant Baltimore à la grande baie de la Chesapeake. C'est de Relay-House que part l'embranchement de Washington, qui continue à se diriger vers le Sud-Ouest, tandis que la ligne principale va remonter la vallée du Patapsco en se dirigeant vers l'Ouest. — Pour passer de cette vallée dans celle du Potomac, il faut franchir un faîte secondaire qu'on atteint à Mount-Airy, à 230 mètres d'altitude. Les rampes d'accès ont l'une 18 millimètres par mètre et l'autre 17 sur une longueur totale de 8 kilomètres. On continue de descendre sur huit autres kilomètres en pente de 9 ½, après quoi on n'aura plus que des rampes inférieures à 7 ½ et même généralement à 5 jusqu'au pied de la grande chaîne, sur 240 kilomètres de longueur.

C'est à Point-of-Rocks (113 kilomètres de Baltimore) qu'on joint le Potomac. On construit en ce moment un chemin de fer qui, partant de là et descendant le cours du fleuve, raccourcira de 76 kilomètres la distance qui sépare Washington des États de l'Ouest. — Le Potomac est, avons-nous dit, la grande dépression qui conduit le chemin de fer de Baltimore jusqu'au pied de la chaîne centrale des Alleghanys. On sait que les Alleghanys forment un singulier système de chaînes isolées et parallèles, interrompues à certains endroits par l'irruption de quelques cours d'eau. Ces coupures sont comme des portes successivement ouvertes. Dans la direction du chemin de fer la 1re est à Point-of-Rocks, la 3me à Harper's Ferry, la 11me à Cumberland, la 13me à Piedmont. De Point-of-Rocks à Harper's Ferry règne un défilé de 16 kilomètres de longueur qui se resserre surtout aux approches de Harper's Ferry : le canal de la Chesapeake à l'Ohio y est étreint entre la rivière et le chemin de fer. La Shenandoah, qui vient du Sud-Ouest en longeant le pied de *la montagne du Sud*, joint le Potomac et s'infléchit avec lui par l'ouverture qui lui est brusquement ouverte dans la direction

du Sud-Est. Harper's-Ferry est bâti au confluent des deux cours d'eau, au flanc d'un escarpement qui domine le large lit à grandes dalles sur lequel s'étalent ces eaux limpides destinées à alimenter plus loin la cité de Washington.

Piedmont (330 kilomètres de Baltimore) est au pied de *la grande montagne sauvage*. Laissant là le Potomac, on monte vers une quatorzième et dernière dépression par une rampe de 22 millimètres d'inclinaison et 27 kilomètres de longueur. On atteint ainsi l'altitude de 799^{m},10. — D'Altamont à Cranberry, sur 30 kilomètres de longueur, le chemin de fer ne s'abaisse que de 22 mètres; c'est une sorte de plateau d'où l'on descend ensuite par une pente de 22 millimètres. La grande chaîne est dès lors franchie : on est à Rowlesburg, à 337 mètres d'altitude, où l'on traverse le *Cheat River*, affluent de la Monongahela.

Si l'on suivait la vallée qui descend vers le Nord-Ouest, on arriverait sans autre passage de faîte à Pittsburg. Mais c'est à l'Ouest que tend la voie de fer; c'est à Wheeling et mieux encore à Parkesburg qu'il faut, au prix de difficultés croissantes, aller joindre et passer l'Ohio dont le cours, brusquement infléchi, se dirige du Nord au Sud comme pour constituer une nouvelle barrière.

Et d'abord, il faut passer de la rivière Cheat à la rivière Tygart, autre affluent de la Monongahela. Un faîte assez saillant les sépare. Sur une longueur d'environ 25 kilomètres, on monte de 218 mètres pour redescendre d'autant : les deux rampes d'accès de ce faîte sont de 20 millimètres, et cependant on a creusé au sommet le souterrain de Kingwood (à l'altitude de 555 mètres). On atteint bientôt après Grafton, près de la rivière Tygart, à 307 mètres d'altitude et 459 kilomètres de Baltimore.

Si de Grafton on veut se diriger vers Weeling, c'est par la vallée du Tygart qu'on s'échappe vers le Nord-Ouest; on ne tarde pas d'ailleurs à la quitter. Mais si l'on veut continuer vers Parkesburg, dans la direction du Sud-Ouest, il ne reste pas seulement à traverser la Monongahela (près de Clarksburg, à 40 kilomètres de Grafton); on a un véritable chaos à franchir sur 130 kilomètres de longueur, un massif accidenté dont la traversée a exigé le percement de vingt-deux tunnels. Quatre de ces tunnels ont une longueur supérieure à 1.000 pieds (305 mètres) : il y en a un de 823^{m},50, un autre de 702 mètres, un troisième de 427 mètres, et le dernier de 580 mètres. A ce prix, on a pu ne pas excéder

l'inclinaison de 10 millimètres. Tous ces tunnels ont des rampes d'accès de 10 millimètres qui pénètrent jusque dans l'intérieur et ne sont séparées que par un court espace (400, 120 et 80 mètres) sur lequel règne une inclinaison moindre.

Le haut du vallon de Wâlkers-Creek, à 26 kilomètres de Parkesburg, marque le pied de la région montagneuse. Parkesburg est à l'altitude de 160 mètres, à 147 mètres plus bas que Grafton.

Nous sommes allé en trois heures quarante minutes de Parkesburg à Grafton, et en onze heures de Grafton à Relay-House (à un quart d'heure de Baltimore).

Les marchandises transportées en transit par le chemin de fer de Baltimore à l'Ohio ont été de 308.690 tonnes en 1868. Le tonnage des houilles expédiées des environs de Cumberland a été la même année de 766.011 tonnes.

La largeur de voie est de $1^{m},44$. Les rails pèsent 30 kilogrammes le mètre courant. Sur la ligne principale il y a 484 kilomètres en double voie. Les tunnels sont les uns pour une seule voie, les autres pour deux; tous aujourd'hui sont voûtés en briques ou en moellons.

Pont projeté sur l'Hudson.

La Compagnie constituée pour l'établissement d'un pont suspendu sur l'Hudson, à 60 kilomètres environ au nord de New-York, et pour la construction de deux tronçons de chemin de fer qui doivent relier ce pont aux deux grands réseaux riverains, compte sur 10 millions de recettes brutes qui, dans son opinion, se composeraient ainsi qu'il suit :

Charbons de Pennsylvanie transportés à 1 cent $\frac{1}{4}$ par tonne et par mille (4 centimes par tonne et par kilomètre). . .	3.500.000 fr.
Produits agricoles expédiés de l'Ouest, produits manufacturés expédiés des États de la Nouvelle-Angleterre, péage du pont.	5.000.000
Dépêches et voyageurs.	1.500.000
	10.000.000 fr.
A déduire pour les dépenses d'exploitation 60 pour 100. . .	6.000.000
Resterait pour le produit net.	4.000.000 fr.

Les échanges de produits agricoles ou manufacturés qui s'opèrent entre les États intéressés à la construction du pont dont il s'agit atteignent annuellement un million et demi de tonnes. Quant au charbon de Pennsylvanie, la quan-

tité qui en a été consommée en 1869 dans les trois États de Connecticut, de Rhode-Island et de Massachusetts a dépassé 3 millions de tonnes. Par les voies de communication actuellement existantes, ce charbon a été obligé d'emprunter d'abord un chemin de fer ou un canal, puis un fleuve, le bras de mer de Long-Island ou l'Océan, et en outre, dans beaucoup de cas, un second chemin de fer aboutissant au lieu de consommation. On comprend les inconvénients qu'entraînent un chômage annuel de trois mois dans la navigation et la nécessité de s'approvisionner dès avant l'hiver de tout le charbon dont on pourra avoir besoin. Quant aux prix comparatifs du transport proprement dit, la Compagnie les évalue ainsi qu'il suit.

Des mines à Élizabethport, à Philadelphie et au pont projeté sur l'Hudson, les frais sont, dit-on, à peu près les mêmes dans leur ensemble. Partant donc de là, et évaluant à 1 ½ cent par tonne et par mille le prix du transport entièrement effectué sur rails, on aurait les chiffres que voici :

	D'ELIZABETHPORT PAR EAU.	DE PHILADELPHIE PAR EAU.	DU PONT SUSPENDU DE L'HUDSON PAR RAILS.
	fr.	fr.	fr.
A New-Haven.	7,75	12,75	3,35
A Hartford.	10,25	15,25	5,70
A New-London.	8,75	14,00	6,50
A Providence.	9,50	14,00	11,30
A Boston.	11,25	15,73	13,05

Observations.

Par l'exemple de ces nombreuses lignes qui, du centre de la Pennsylvanie, rayonnent vers les lacs du Nord et vers le littoral, on peut juger de l'activité qui préside au développement de la production intérieure et des efforts entrepris pour y faire concourir toutes les ressources du pays. La consommation paraît inépuisable; les lignes nouvelles qui s'établissent trouvent à s'alimenter presque sans appauvrir les autres : dans ces conditions si exceptionnellement privilégiées on ne retrouve qu'en partie les effets ordinaires de la concurrence, et nous ne voyons pas d'enseignements généraux à dégager.

Toutefois, si l'on entrait dans le détail du trafic des diverses lignes, on remarquerait que chacune d'elles, créée avec une destination principale, s'ingénie à tirer accessoirement parti des circonstances locales dans lesquelles elle se

trouve. Le chemin de fer de Philadelphie au Cap May, par exemple, établi pour desservir les bains de mer du Cap May, a provoqué l'établissement de verreries et de filatures de coton dans la presqu'île de sable blanc, peu fertile et peu peuplée, qu'il traverse. Le chemin de fer de l'Erié, qui aboutit (à Jersey-City) sur la rive occidentale de l'Hudson en face de New-York, a créé pour l'usage spécial de ses voyageurs une ligne de *ferry-boats;* puis, cette ligne une fois établie, on a voulu qu'elle donnât des profits par elle-même, et en 1869 on a conclu divers arrangements avec plusieurs chemins de fer de Jersey-City et des localités voisines afin d'amener aux ferry-boats de l'Érié le plus de voyageurs possible. On pourrait multiplier beaucoup ces exemples. Les Américains du reste semblent avoir une merveilleuse aptitude à s'entendre sur les questions d'intérêt commun.

IIIe SECTION. — DE LA LÉGISLATION AMÉRICAINE EN MATIÈRE DE CHEMINS DE FER.

Observations préliminaires.

Après nous être fait une idée générale de ce que sont, en fait, les chemins de fer des États-Unis, nous avons cherché à connaître, au moins sommairement, la législation qui en régit l'établissement et l'exploitation.

Il est de principe que tous les travaux publics doivent être autorisés par chacun des États dans les limites de leurs territoires respectifs. Mais la plupart des grands États, à l'imitation de celui de New-York, ont admis que l'établissement des chemins de fer était de droit commun pour les Compagnies *légalement constituées* à cet effet, que la Législature n'avait pas besoin d'intervenir dans chaque cas et que d'ailleurs l'Administration n'avait pas d'autre rôle à remplir que celui d'un bureau d'enregistrement. En quoi consiste donc cette constitution

légale? Quels droits confère-t-elle aux Compagnies? Quelles sont enfin les dispositions législatives qui, vis-à-vis des Compagnies, des voyageurs et du public, régissent la *police* des chemins de fer? Nous allons l'exposer en quelques mots, élaguant les détails et ne faisant ressortir que les points saillants, caractéristiques. Nous nous en tiendrons d'ailleurs aux lois spéciales qui ont été faites pour l'État de New-York dans l'intervalle de 1850 à 1870. Elles sont au nombre de trente-huit et n'ont eu généralement pour objet que de modifier sur quelques points ou de compléter une *loi générale* adoptée le 2 avril 1850. La législation des autres États est, à ce qu'on nous a dit, calquée en grande partie sur celle de New-York.

§ 1. — DU MODE DE CONSTITUTION DES COMPAGNIES ET DES DROITS DONT ELLES JOUISSENT.

Pour former une compagnie en vue de la construction ou de l'exploitation d'un chemin de fer, il suffit d'être au nombre de vingt-cinq personnes au moins et de déposer chez le secrétaire d'État un acte de société satisfaisant aux conditions suivantes : Acte consti

A. — Énonciation : 1° Du nom de la Compagnie,
2° Du nombre d'années qu'elle doit durer,
3° Des points extrêmes de la ligne,
4° De sa longueur approximative,
5° Du nom des comtés qu'elle traverse[1],
6° Du montant du capital social, lequel ne peut être inférieur à 10.000 dollars par mille (31.313 francs par kilomètre),
7° Du nombre des actions,
8° Des noms et résidences de treize administrateurs provisoires.

[1] Chaque État est divisé en comtés d'étendue égale et indépendante du chiffre de la population. L'État de New-York, dont la superficie excède un peu le cinquième de celle de la France, est divisé en 60 comtés et en 8 districts judiciaires. Chacun de ces districts a une Cour analogue à nos tribunaux de première instance et composée de 3, 4 ou 5 juges.

B. — Signature des vingt-cinq fondateurs, dont chacun doit mentionner sa résidence et le nombre de ses actions.

C. — Affirmation sous serment (*le serment joue un grand rôle dans les lois américaines*) et par écrit, de trois administrateurs au moins, qu'il a été *souscrit* au moins 1.000 dollars par mille et *versé* au moins 10 pour 100 de cette somme.

Fusions.

Les Compagnies légalement constituées peuvent se fusionner. Une loi du 20 mai 1869 autorise la fusion de toutes celles dont les voies forment des lignes continues ou reliées soit par un chemin de fer intermédiaire, soit par un pont ou par un bac. La loi n'excepte de l'autorisation que les lignes qui peuvent se faire concurrence à raison du parallélisme de leur direction.

Les fusions s'opèrent fréquemment d'ailleurs sous forme de location pour 999 ans. La Compagnie du chemin de fer de Pennsylvanie était en train de négocier dans ce sens des arrangements tendant à la rendre maîtresse d'une ligne non interrompue de New-Jersey (ou New-York) à San Francisco. Les *Compagnies-Unies du New-Jersey* venaient de lui louer leurs voies de fer et d'eau pour 999 ans, bien que l'État se fût réservé le droit de racheter ces voies en 1889 au prix qu'elles auraient alors. Cette location a été autorisée, sanctionnée le 17 mars 1870 par un acte législatif dont l'annulation a été vainement demandée à la Cour suprême[1] ; elle a donné lieu à des protestations très-vives, dont M. Vincent L. Bradford a consigné l'expression dans deux écrits qui figurent aux documents-annexes. Bien des personnes s'effrayent aux États-Unis de la puissance qui peut se concentrer ainsi entre les mains de quelques hommes affranchis de responsabilité personnelle et redoutent les conséquences économiques et politiques que peut avoir la centralisation des chemins de fer.

Ajoutons, en ce qui concerne les fusions, qu'elles se déguisent souvent par

[1] On sait que l'autorité judiciaire a en Amérique le droit d'annuler, au moins pratiquement, les actes du Gouvernement et des Chambres qui lui paraissent contraires à la Constitution. On verra tout à l'heure de quel pouvoir sont investies les *cours de districts* en matière d'expropriation. Les attributions aussi délicates étonnent surtout quand on sait que la magistrature entière est élue par le suffrage universel. Autrefois les magistrats étaient nommés par le Gouverneur de l'État, simplement assujetti à prendre l'avis du Sénat et à obtenir son approbation. Le système électif date de 1848. La durée du mandat, fixée d'abord à six ans, a été portée à quatorze en 1868. — Après n'avoir prêté d'abord qu'une oreille distraite aux reproches que nous entendions fréquemment formuler contre l'administration de la justice, nous avons fini par croire que le changement opéré dans le mode de recrutement des juges n'a pas réalisé tous les avantages que les honnêtes gens ont pu s'en promettre.

l'achat pur et simple de la totalité des actions : de petites compagnies, qui conservent une existence nominale, peuvent être mieux en mesure de servir la cause commune en ménageant l'autonomie des différents États et les susceptibilités locales.

Droits que possède une Compagnie constituée.

Une Compagnie légalement constituée peut ouvrir une souscription pour compléter son fonds social ; elle doit seulement exiger qu'on verse 10 pour 100 en souscrivant.— L'usage tend d'ailleurs à se généraliser de n'astreindre le capital-actions qu'à des versements très-limités : c'est un capital de garantie, qui sert à emprunter l'argent avec lequel les travaux s'exécuteront, et qui ne doit entrer lui-même en mouvement que si des circonstances imprévues l'exigent.

C'est donc au crédit que les Compagnies font immédiatement appel. Elles peuvent emprunter autant qu'elles veulent et conservent ce droit indéfiniment, sous la seule condition que les emprunts soient consentis par les porteurs des deux tiers des actions. Elles émettent en général une première série d'obligations et, en cas d'insuffisance, tâchent d'en émettre une seconde, une troisième au besoin, à moins qu'elles ne voient plus d'avantage à créer des actions privilégiées. Un conseil spécial de *trustees* (fidéi-commissaires) est placé auprès du conseil d'administration du chemin de fer pour surveiller l'emploi des fonds; mais cette institution, qui joue un si grand rôle dans la vie civile aux États-Unis, est un rouage susceptible de se fausser comme tant d'autres.

Pour faciliter le placement des titres ou même obtenir des subventions directes, les Américains font très-habilement valoir aux yeux de tous les intéressés les avantages que chacun d'eux peut attendre d'une ligne nouvelle. C'est le même ressort qu'elles font agir pour les acquisitions de terrains. Le tracé d'un chemin de fer n'est indiqué d'abord que par ses points principaux. La Compagnie négocie de toutes façons et en secret pour obtenir les conditions les plus favorables : elle ne fait connaître sa décision qu'au dernier moment. Ces arrangements sont facilités d'ailleurs par l'état de la propriété, qui, au lieu d'être morcelée à l'infini comme elle l'est en France, se trouve généralement agglomérée en lots importants. Bien des propriétaires n'hésitent pas à céder gratuitement une portion d'un terrain plus ou moins nu, dont le restant acquerra une plus-value supérieure à la valeur du terrain cédé. Qu'on ajoute les terres *doma-*

niales, dont les Compagnies obtiennent aisément la cession gratuite ou à bas prix, et l'on comprendra que le chapitre des indemnités de terrains ne figure souvent que pour une somme très-faible dans les estimations.

Cependant le besoin de l'expropriation forcée se fait parfois sentir. Les Compagnies sont à cet effet investies d'un droit spécial à partir du jour où les souscriptions ont atteint 10.000 dollars par mille et les versements 1.000 dollars : elles usent de ce droit dans les formes indiquées ci-après.

Fixation éventuelle d'un tracé litigieux.

Disons d'abord que toute Compagnie légalement constituée peut envoyer ses agents dans les propriétés privées pour faire des études, sauf à indemniser les propriétaires pour les dommages ainsi causés.

Lorsqu'elle ne peut acquérir un immeuble à l'amiable, elle dresse et dépose au bureau du Clerc du comté (*County Clerk*[1]) un plan et un profil du tracé qu'elle a l'intention de suivre. Ce dépôt est notifié par écrit aux détenteurs réels des terrains à occuper. Dans un délai de quinze jours, quiconque se considère comme intéressé dans la question peut former opposition par une requête déposée entre les mains d'un juge de la Cour suprême de l'État. Ce juge, si les objections faites au tracé de la Compagnie lui paraissent plausibles, désigne trois commissaires *désintéressés* pour examiner ce tracé et donner un avis rectificatif ou favorable, tendant à concilier pour le mieux les droits des parties en cause et ceux du public. L'un de ces commissaires doit être ingénieur *de profession*, et son assentiment personnel doit être acquis à toute modification du tracé. La décision des experts doit être prise dans un délai de trente jours. Elle équivaut à la désignation attribuée au préfet par l'article 1er de notre loi du 3 mai 1841 ; mais si l'on arrive aussi vite à ce point de la procédure, et sans que l'utilité publique ait été explicitement constatée et déclarée dans l'espèce, il s'en faut que la propriété menacée soit condamnée en principe.

Expropriation.

Que les propriétaires aient laissé passer sans opposition le délai de quinze jours ou qu'il y ait eu, comme nous venons de le dire, révision du tracé, la Compagnie (si elle veut poursuivre) adresse à la Cour du district une requête ten-

[1] Ce fonctionnaire paraît cumuler le rôle d'un receveur d'enregistrement avec ceux de greffier de la Cour du comté et de conservateur des hypothèques. — La place de *County Clerk* est une de celles qui peuvent être occupées par des femmes.

dant à la nomination de trois experts chargés d'estimer l'indemnité due. Elle justifie qu'elle est en règle et fait connaître pourquoi elle n'a pu traiter à l'amiable. Elle indique les noms et résidences des parties intéressées, autant du moins qu'elle a pu les découvrir par des recherches raisonnables. Elle leur a d'ailleurs notifié sa requête dix jours au moins à l'avance. (Des mesures spéciales sont prescrites au profit des propriétaires inconnus, absents ou incapables.) — Toute personne intéressée dans le débat peut faire opposition à la demande de la Compagnie. Si la Cour, après avoir entendu les parties, trouve l'opposition fondée, elle repousse la requête, et l'affaire n'a pas d'autres suites. Dans le cas contraire, la Cour confie l'estimation de l'indemnité à trois experts qui, depuis la loi du 15 avril 1854, doivent être des *propriétaires* domiciliés dans le comté de la situation des biens *ou dans un comté adjacent*.

La loi n'assigne pas de délai fixe à ces experts, comme à ceux qui ont eu à examiner le tracé ; elle leur prescrit seulement de procéder sans délais inutiles et sans s'occuper d'aucune autre affaire. Elle leur défend de rien déduire de l'estimation pour les avantages, réels ou supposés, que les propriétaires intéressés pourront retirer de l'établissement du chemin de fer : principe diamétralement contraire à celui posé dans la loi du 3 mai 1841 (art. 53)[1]. — Le procès-verbal d'estimation est remis à la Cour, qui commence par l'homologuer purement et simplement en en donnant avis aux deux parties. Celles-ci ont vingt jours pour se pourvoir. Si un pourvoi se produit, la Cour peut ordonner une nouvelle expertise confiée aux mêmes hommes ou à d'autres et dont le résultat est définitif. D'ailleurs, dès l'homologation du procès-verbal, la Cour a envoyé la Compagnie en possession des terrains, sans autre condition que de verser aux ayants droit ou de consigner *préalablement* le montant de l'indemnité et des frais accessoires.

La Compagnie conserve indéfiniment le même droit d'acquérir les terrains qui

[1] La Constitution de l'État de Californie, en admettant le droit d'expropriation pour cause d'utilité publique sous condition d'une juste et préalable indemnité, impose aux propriétaires riverains l'obligation de contribuer aux dépenses de la voirie en proportion des avantages qu'ils peuvent en retirer. Dans l'établissement des rues de San Francisco, les propriétaires supportent souvent la totalité des frais de nivellement et de pavage. En cas de retard ou d'impuissance dans le payement à effectuer, la loi permet de saisir les immeubles et de les vendre aux enchères sans beaucoup de formalités. — Voy. l'ouvrage de M. Ernest Frignet, ancien avocat au Conseil d'État, sur la Californie, p. 148 et 290.

peuvent lui devenir nécessaires. Les indemnités de simple dommage se règlent dans les mêmes formes.

Droits relatifs à l'exécution des travaux.

La Compagnie est autorisée à occuper une largeur de 6 perches (31m,18) pour la plate-forme du chemin de fer et autant de terrain en sus qu'en peuvent exiger les talus des déblais ou des remblais. Elle peut (sauf indemnité) couper les arbres qui menaceraient de tomber sur la voie.

La Compagnie peut traverser les cours d'eau, sauf ceux que fréquentent des bateaux à vapeur ou à voiles. Elle peut traverser les routes et chemins, les dévier (au besoin) ou les faire passer par-dessus ou par-dessous les rails en évitant simplement d'en entraver l'usage *sans nécessité*. Elle peut traverser même les rues des villes et villages, mais avec le consentement des administrations municipales.

Elle a enfin le droit (toujours sauf indemnité) de relier son chemin de fer à tout autre antérieurement construit.

Délais d'exécution.

La loi fondamentale du 2 avril 1850 (§ 47) enjoignait aux Compagnies, sous peine de déchéance, de dépenser au moins 10 pour 100 du capital social dans un délai de deux ans et de livrer le chemin de fer à la circulation dans un délai maximum de cinq ans. Une loi du 5 mai 1864 porta ces délais respectivement à cinq et à sept ans. Une autre loi du 25 avril 1867 a porté le délai d'achèvement à dix années.

Exploitation.

La voie une fois construite, la Compagnie peut s'en servir pour transporter à prix d'argent les personnes et les choses.

Elle fixe comme elle l'entend les heures des trains, sous la seule condition que ces heures soient régulières et portées à la connaissance du public.

Elle fixe librement les tarifs, sous la seule condition qu'ils n'excèdent pas 3 cents par mille (9c,4 par kilomètre) pour le transport d'un voyageur muni du bagage « ordinaire ». Toutefois la Législature s'est réservé le droit de réduire les tarifs de temps à autre si le bénéfice net excédait 10 pour 100 du capital dépensé : disposition peu pratique à raison de l'insuffisance du contrôle financier. Sur le New-York Central, entre Albany et Buffalo, le tarif a été et demeure limité par exception à 2 cents par mille.

Les Compagnies peuvent mettre en circulation sur leur réseau les *wagons à*

lits de tout entrepreneur breveté, mais à deux conditions. La première, c'est que les voyageurs qui ne veulent pas s'en servir n'en trouvent pas moins des voitures de première classe à leur disposition. La seconde, c'est que le prix perçu pour l'usage de ces wagons à lits n'excède pas 40 cents par lit et pour 100 milles (2 fr. pour 160 kilomètres), plus 3 mills pour chaque mille en sus $\left[\frac{0,003 \times 5}{1,6}\right.$ ou 0f,000.94 pour chaque kilomètre en sus], sans que le prix total puisse dépasser 80 cents. [Loi du 7 avril 1858.]

Transport des dépêches des États-Unis.

Les Compagnies sont tenues de transporter les dépêches des États-Unis si le directeur général des postes le leur demande. Trois commissaires nommés par le gouverneur de l'État interviennent au besoin pour régler les heures, la vitesse et les autres conditions du transport, le prix notamment; mais ce prix ne doit jamais être inférieur au tarif que la Compagnie applique à des marchandises de même poids. Si on lui demande des trains spéciaux ou marchant à une vitesse exceptionnelle, un supplément de prix doit lui être payé en conséquence. — Aucune trace en tout ceci de préoccupations fiscales.

D'autres obligations s'ajoutent, pour les Compagnies, à celles que nous venons d'indiquer. Mais, au lieu de les énumérer ici, nous allons les classer, concurremment avec quelques autres dispositions législatives, dans le cadre bien connu de l'ordonnance royale du 15 novembre 1846. (*Nous reproduisons textuellement à la marge les différents titres de cette ordonnance.*)

§ 2. — POLICE DES CHEMINS DE FER.

A. Titre Ier. Des stations et de la voie.

Une loi du 15 avril 1854 oblige les Compagnies à établir des clôtures de chaque côté du chemin de fer. Ces clôtures peuvent d'ailleurs se réduire à des fils de fer reliant des piquets, s'il n'y a pas intérêt à en établir de plus efficaces pour protéger la voie contre l'introduction du bétail, des chevaux, des moutons et des porcs.

Toutefois la Compagnie est tenue de ménager des ouvertures pour l'usage des propriétaires riverains et d'établir des passages à niveau pour toutes les rues ou routes légalement autorisées. [Loi du 29 mars 1853.] Un tableau indicateur doit être placé d'une façon très-apparente aux passages à niveau pour avertir le public de prendre garde aux wagons. [Loi du 2 avril 1850, § 40.]

Nous avons dit ailleurs qu'en fait, les clôtures n'existent que par exception.

Le poids des rails par mètre courant doit être d'au moins 28 kilogrammes pour les voies principales et 20 kilogrammes pour les voies de garage, etc.

B. Titre II. Du matériel employé à l'exploitation.

Les paliers extérieurs des wagons doivent être construits de telle façon qu'on puisse passer d'un wagon à l'autre sans risquer de tomber entre les deux pendant que le train est en marche. [Loi du 22 avril 1867.] Du reste, la Compagnie n'est pas responsable des accidents qui peuvent arriver, soit sur ces paliers, soit sur des wagons à bagages ou à marchandises, à des voyageurs dûment avertis par des affiches apparentes et ayant la faculté d'occuper à l'intérieur des places convenables. [Loi du 2 avril 1850, § 46.]

L'article 10 de l'ordonnance de 1846 interdit en France de placer dans des trains de voyageurs aucun véhicule monté sur des roues en fonte. Or nous avons dit que ces roues sont à peu près les seules qu'on emploie aux États-Unis.

La loi prescrit de placer sur les locomotives une cloche ou un sifflet et de les faire résonner à 80 perches au moins (400 mètres) avant d'atteindre les passages à niveau. La cloche doit se faire entendre d'une manière continue et le sifflet par intervalles jusqu'à ce que la machine ait franchi ces passages. [Loi du 15 avril 1854.]

Toute Compagnie dont la ligne a plus de 40 milles de longueur (64 kilomètres) doit entretenir dans chaque wagon à voyageurs une fontaine constamment pourvue d'eau fraîche avec un verre à côté. Chaque contravention entraîne une amende de 25 dollars, dont moitié est attribuée à celui qui l'a signalée et moitié au budget des pauvres du comté. [Loi du 5 mai 1864, § 3.]

L'usage de chèques attachés aux bagages est prescrit par la loi du 2 avril 1850, § 37.

C. Titre III. De la composition des trains.

Dans la composition des trains de voyageurs il est défendu de placer en arrière des wagons à voyageurs aucun wagon contenant des bagages ou des marchandises. En cas de contravention à cet article, on punit l'agent qui l'a commise ou tolérée, ainsi que le chef de train. [Loi du 2 avril 1850, § 38.]

D. Titre IV. Du départ, de la circulation et de l'arrivée des convois.

Nous avons déjà dit que la Compagnie règle comme elle l'entend les heures de départ et d'arrivée ainsi que la vitesse des trains.

Nous avons dit également que le prix perçu ne doit pas excéder 0f,094 par voyageur et par kilomètre. En cas de contravention à cet article, la Compagnie est tenue de restituer le surplus à l'ayant droit, en y joignant une indemnité de 50 dollars. [Loi du 27 mars 1857.]

E. Titre V. De la perception des taxes.

Toute fraction de mille est comptée pour un mille. [Même loi.]

Les billets de place ne peuvent être vendus que dans les bureaux désignés par les Compagnies et par des agents pourvus à cet effet d'une autorisation écrite. Le prix de vente ne doit pas excéder ceux du tarif courant. — La punition éventuellement prévue est une amende d'au moins 100 dollars ou un emprisonnement de trois mois au moins. [Loi du 13 avril 1857].

Des peines spéciales sont portées contre le vol ou la contrefaçon des billets de chemins de fer. [Loi du 4 avril 1855.]

Toute Compagnie qui a entre les mains depuis un an des bagages ou des marchandises non réclamées peut les faire vendre aux enchères publiques, prélever sur le produit de la vente le prix du transport avec les frais d'emmagasinage, de publication, de courtage, etc., et consigner le surplus dans une caisse de l'État, où la somme reste à la disposition des ayants droit. La vente doit avoir été annoncée une fois par semaine au moins, pendant quatre semaines, dans le journal officiel (*State paper*) et pendant quatre autres semaines dans un autre journal ainsi que dans la cité de New-York, l'avis spécifiant le mieux possible la nature des colis, l'endroit et l'époque où ils ont été délaissés, les noms du propriétaire et du destinataire. [Loi du 14 avril 1857.]

F. Titre VI. De la surveillance de l'exploitation.

Toutes les Compagnies doivent remettre le 1er décembre de chaque année à l'Ingénieur du Contrôle (*the State Engineer and Surveyor*) un rapport sur les opérations de l'année expirée au 30 septembre précédent. La loi du 2 avril 1850 (§ 31) a fixé d'une manière très-détaillée le cadre de ce compte rendu et le programme des questions auxquelles il doit répondre. Nous avons rapporté un exemplaire des documents transmis par l'Ingénieur du Contrôle à la Législature pour les années 1868 et 1869. On y trouve beaucoup de renseignements statistiques.

G. Titre VII. Des mesures concernant les voyageurs et les personnes étrangères au service du chemin de fer.

Tous dommages causés à la Compagnie doivent lui être payés au triple de leur valeur. [Loi du 2 avril 1850, § 42.]

L'introduction de chevaux ou d'autres animaux dans l'enceinte du chemin de

fer, sans autorisation de la Compagnie, est punie d'une amende de 10 dollars. Quant à l'introduction et à la circulation sur la voie de personnes étrangères au service, elle est défendue par la loi, sauf pour le cas où le chemin de fer est établi dans une rue. [Même loi, § 44.]

H. Titre VIII. Dispositions diverses.

La constatation et la poursuite des contraventions et délits est confiée à des agents spéciaux, nommés par le Gouverneur de l'État sur la présentation des Compagnies. Ces agents sont commissionnés et assermentés. [Loi du 29 avril 1863.]

L'ivresse est assimilée à un délit pour les mécaniciens et les chefs de train qui sont dans l'exercice de leurs fonctions. [Loi du 2 avril 1850, § 41.]

Tout employé des Compagnies doit porter, quand il est sur les trains ou dans les stations, un uniforme ou un insigne apparent qui indique clairement aux voyageurs sa position et sa fonction. La Compagnie qui négligerait de donner des ordres en conséquence à ses agents peut être condamnée à payer le 1er janvier de chaque année une amende de 10.000 dollars.

S'il y a des agents récalcitrants sur ce point, les Compagnies ont « le droit et le devoir » de leur faire subir une retenue de 5 pour 100 sur leur traitement. Quiconque engagerait un employé à quitter une Compagnie, parce qu'elle veut lui faire porter l'uniforme, et à passer au service d'une autre, se rendrait coupable d'un délit et s'exposerait à être puni en conséquence. [Loi du 22 avril 1867.] — En fait, nous n'avons nulle part aperçu d'uniformes. Mais le chef du train, quand il doit accomplir vis-à-vis des voyageurs quelque acte relatif à ses fonctions, tire assez souvent de sa poche un ruban noir qu'il noue autour de sa casquette et qui porte en lettres d'or le mot : *Conductor*.

Aucune Compagnie transportant du bétail, des moutons ou des porcs ne doit tenir ces animaux renfermés dans les wagons pendant plus de vingt-huit heures sans les mettre à terre, pendant dix heures consécutives au moins, pour leur procurer du repos, de l'eau et de la nourriture. Il n'y a d'exceptions que pour le cas d'ouragans ou autres circonstances de force majeure. La Compagnie doit recouvrer les frais ainsi faits par elle sur le propriétaire ou le destinataire des animaux, sans que d'ailleurs on puisse lui demander compte des retards occasionnés par ces arrêts que la loi ordonne. La sanction pénale est une amende de 100 dollars pour chaque contravention. [Loi du 13 avril 1866.] — Nous avons

désigné les animaux auxquels la loi s'intéresse. On ne saurait d'ailleurs se méprendre sur le motif de cette sollicitude, qui n'a rien de commun avec la loi Grammont, car l'acte de la Législature de New-York a pour titre : « An act for the preservation of the health of animals *for human food.* »

CONCLUSIONS SUR LES CHEMINS DE FER

C'est un fait connu et très-exact que les Chemins de fer d'Amérique sont moins bien construits que les nôtres. Mais il peut y avoir quelque utilité à se rendre bien compte de ce qu'il faut entendre par là.

Ces chemins sont pour la plupart incomplets, les ouvrages n'en ont été construits qu'à titre provisoire. Voilà la vérité. Mais l'exploitation est organisée en conséquence. Si les Américains eussent voulu faire du premier coup des voies de fer répondant toutes à l'idéal du genre, au lieu d'en avoir 80 et bientôt 100.000 kilomètres, ils en auraient le quart ou la moitié peut-être.

Les grandes lignes, les seules qu'il y ait intérêt à comparer aux nôtres, ne diffèrent pas autant de celles-ci qu'on le pense généralement. Un chemin de fer comme le New-York Central, où la vitesse de marche (déduction faite des temps d'arrêt) est en moyenne de 42 kilomètres à l'heure pour les trains omnibus et de 56 pour les express, tiendrait convenablement sa place dans tous les pays du monde. La voie est peut-être moins bonne ; mais, au double point de vue de la sécurité et du confort, cette infériorité est amplement compensée par la supériorité du matériel roulant.

Grâce aux wagons articulés, on ne se préoccupe des courbes en Amérique que si le rayon est inférieur à 300 mètres ; et ce rayon s'abaisse jusqu'à 120. Pour réduire les frais de premier établissement, on ne se préoccupe qu'accessoirement des rampes si l'inclinaison est inférieure à 11 millimètres ; et cette inclinaison s'élève jusqu'à 22 sans qu'on ait recours à des moyens de traction particuliers. On a d'ailleurs conservé pour le transport des houilles, en les per-

fectionnant beaucoup, les plans inclinés qui avaient servi au début des chemins de fer pour les marchandises de toute espèce et même pour les voyageurs.

Nous avons signalé à part les formes nouvelles et les grandes portées que les Américains donnent à leurs ponts de chemins de fer. L'économie relative de ces nouveaux types, pour des ouvertures excédant 50 ou 60 mètres, est universellement reconnue.

En ce qui concerne la voie proprement dite, il est superflu de rappeler ici le rail à patin et à champignon simple, trouvé tout de suite aux États-Unis (il y a près de quarante ans), et auquel bien peu d'adhésions manquent encore aujourd'hui en Europe. Mais nous avons à signaler, dans l'aiguille Wharton, une nouveauté qui paraît appelée à rendre des services précieux. Ce système de changement de voie laisse absolument intacts, fixes et continus, les deux rails de la voie principale : c'est là son mérite essentiel ; il permet dès lors de multiplier sans danger les aiguilles prises en pointe et les embranchements si profitables au trafic local. Deux Compagnies que l'opinion publique place au premier rang pour l'intelligence et la sagesse de leur administration, celles du Pennsylvania et du Philadelphia & Reading, ont dès à présent adopté l'aiguille Wharton en principe.

Passons au matériel roulant.

Voyant l'usage universel et les avantages évidents du pavillon clos qui abrite le mécanicien et le chauffeur, nous nous demandons pourquoi cette disposition ne s'est pas plus répandue en Europe. Toujours en face d'une expérience éclatante et continuée depuis si longtemps sur une immense échelle, nous nous demandons si les objections faites contre le matériel articulé n'auraient pas pour principal fondement une de ces préventions théoriques qui, une fois formulées, se répètent et se perpétuent parce que les moyens de vérification font défaut.

La cloche des locomotives américaines est bien connue. Ne pourrait-elle être, ici comme là-bas, substituée au sifflet strident de la vapeur dans l'intérieur des villes?

L'application de l'air comprimé à la manœuvre des freins pourrait bien être un nouveau et brillant fleuron ajouté à la couronne des ingénieurs américains.

L'usage général des roues en fonte, dont la solidité est attribuée à des précautions spéciales prises pour le refroidissement des pièces ; — les ressorts en

caoutchouc vulcanisé, — le double système de ressorts superposés des wagons de luxe, — l'attelage Miller, qui permet d'accrocher ou de séparer les wagons en marche sans exposer à aucun danger les agents chargés de cet office ; — les fauteuils ronds et pivotants pour les salons ; — le surhaussement central qui, sans utiliser toute la hauteur occupée chez nous par les guérites de vigie, donne tant de facilité soit pour aérer sans ouvrir les portières, soit pour faire passer un cordeau qui met les voyageurs en communication avec les agents du train, soit pour suspendre des lampes ; — enfin l'éclairage brillant qu'on peut obtenir avec le gaz comprimé et qui, pour des gens soucieux de l'emploi du temps, permet d'utiliser les longues heures des soirées d'hiver : voilà, dans le matériel roulant, quelques-unes des particularités qui nous paraissent devoir fixer l'attention.

Nous ne rappelons que pour mémoire le principe fondamental de la distribution des wagons américains, c'est-à-dire une grande salle commune avec des banquettes à dossiers bas, la substitution d'un couloir central aux portières latérales et la possibilité de circuler d'un wagon à l'autre. Ce système n'est pas en harmonie avec nos mœurs comme avec celles des Américains ; il ne serait certainement préféré en France par la majorité des voyageurs que pour des trajets de jour. Mais les *wagons à lits*, qui tendent plus directement qu'aucune autre innovation moderne à assimiler les trains de chemins de fer à des navires sur lesquels la vie ordinaire n'est suspendue ou troublée que le moins possible, ces wagons prendront place probablement un jour ou l'autre sur nos grandes lignes. Voilà pourquoi nous n'avons pas craint d'entrer à ce sujet dans quelques détails prosaïques dont l'usage seul peut révéler l'importance.

En ce qui concerne l'exploitation, nous nous bornerons à rappeler l'incomparable célérité du service des bagages et la liberté illimitée, dont les voyageurs jouissent, d'attendre sur les quais ou dans les wagons le départ des trains. Nos chemins de fer gagneront beaucoup aussi le jour où on pourra les aborder et les quitter plus simplement.

Nous avons enfin indiqué les points principaux de la législation américaine en matière de chemins de fer. Ce n'est pas sans surprise que l'on remarque la facilité avec laquelle les Compagnies se constituent légalement, — l'usage qu'elles

peuvent faire du droit d'expropriation sous des garanties qui chez nous paraîtraient si insuffisantes, — la faculté qu'elles ont d'emprunter sans limite et le rôle prédominant que jouent les obligations dans le payement des travaux, — la concurrence à outrance que tend à créer la multiplicité indéfinie des lignes, mais qui le plus souvent aboutit à des arrangements conclus aux dépens du public, — enfin la simplicité des règlements et l'originalité de mœurs qui se reflète dans certaines lois. Un examen quelque peu approfondi de ces questions si importantes sortirait du cadre de ce rapport : nous nous bornons, ici comme ailleurs, à signaler des faits.

CHAPITRE III

NAVIGATION INTÉRIEURE

Ire SECTION. — RIVIÈRES.

§ 1. — PROCÉDÉS EMPLOYÉS POUR L'AMÉLIORATION DES RIVIÈRES.

Aux États-Unis comme en France, on améliore la navigation des rivières au moyen de dragages, de digues et de barrages. Les dragages y ont une grande importance et s'exécutent au moyen d'appareils très-perfectionnés. Les digues ont ceci de particulier qu'elles dérivent presque partout d'un type unique de construction. En fait de barrages proprement dits, nous n'avons rien vu d'intéressant.

I. — DRAGAGES.

A. DRAGUE A CUILLER.

Un premier fait à signaler, c'est que les dragues à mouvement continu, presque exclusivement employées en France dans les opérations de quelque importance, sont extrêmement rares aux États-Unis; nous n'en avons vu que deux, l'une sur l'Hudson, près d'Albany, l'autre sur le canal de l'Illinois au lac Michigan. La drague qu'on emploie presque partout est une drague à cuiller manœuvrée

à l'aide d'une grue tournante et d'un mécanisme spécial qui commande le manche.

La direction du manche, c'est l'opération délicate. Peser sur la cuiller d'un effort à la fois énergique et gradué, de façon à la faire pénétrer dans un sol inégalement résistant et à la maintenir pleine durant tout le mouvement d'ascension, c'est un problème qu'on a depuis longtemps cherché à résoudre. On peut voir dans l'*Architecture hydraulique* de Bélidor (tome IV, p. 156) comment la drague à cuiller fonctionnait vers le milieu du siècle dernier dans les ports de Brest et de Toulon. M. Marestier, ingénieur des constructions navales, envoyé en mission aux États-Unis en 1821, signala dans son rapport une machine rendue plus commode et plus puissante par l'addition d'une grue tournante et d'un petit appareil qui permettait d'agir sur le manche. Le système a reçu depuis un demi-siècle des perfectionnements considérables.

Nous avons vu travailler les dragues à cuiller dans la baie de la Chesapeake, près de Baltimore, puis à New-York, où l'on curait à 7 mètres de profondeur les abords du quai des paquebots transatlantiques français, — puis à Albany, où la profondeur d'eau n'était que de 3 mètres, — et enfin près de Chicago, sur le canal de l'Illinois au lac Michigan, où l'on abaissait de 4 mètres le plafond d'un bief de partage de 43 kilomètres de longueur. Quatorze dragues fonctionnaient simultanément sur ce canal. Ce sont celles-là que nous avons spécialement en vue dans la description qui va suivre.

La cuiller est suspendue à une grue installée à l'avant d'un bateau plat. A l'arrière du bateau est une locomobile et au milieu deux treuils à vapeur de $0^m,40$ et $0^m,24$ de diamètre. Une cabine en saillie sur le pont abrite ces machines.— Le bâti mobile de la grue, formé de deux bras inclinés B, C, d'une traverse horizontale D et d'un court montant E, est lié par des colliers avec un poteau fixe en fonte, poteau creux par lequel la chaîne de levage infléchie descend, avant d'aller s'enrouler sur le gros treuil. Ce poteau porte une couronne horizontale supérieure dont la circonférence est reliée avec le petit treuil par une seconde chaîne qui s'infléchit deux fois. On s'applaudit beaucoup d'avoir mis ainsi en évidence et rendu indépendant l'appareil de rotation, au lieu de l'avoir relégué, suivant l'usage, au fond du bateau.

La cuiller est formée d'une hotte en forte tôle de la contenance d'un yard cube (trois quarts de mètre cube). Elle est attachée au manche, sur chacune de ses deux parois verticales, par deux barres de fer méplat dont l'une M est dans le prolongement du manche, tandis que l'autre N a une direction oblique. Toutes deux sont articulées sur la hotte et boulonnées fixement sur le manche; mais la pièce N est percée de trois trous qui permettent de placer à trois places différentes l'unique boulon qui la retient : on peut ainsi faire varier un peu l'angle de la cuiller et du manche, lequel est légèrement supérieur à 90°. — La cuiller présente une troisième pièce articulée, en forme de demi-cerceau ou d'anse, point d'attache de la chaîne suspendue par une moufle à la partie supérieure de la grue.

Le manche, dont la longueur est de 10 à 12 mètres, est formé de deux pièces jumelles entre lesquelles passe le bras supérieur de la grue et qui sont à leur tour enclavées entre les pièces jumelles du bras inférieur B. La traverse D se compose, elle aussi, de deux moises qui sont assemblées à mi-bois avec celles du bras inférieur et laissent conséquemment entre elles un assez grand espace vide.

Dans cet espace sont logés deux arbres tournants que la traverse supporte. Celui d'arrière ne sert qu'à agir sur l'autre à l'aide d'un engrenage. Celui d'avant porte deux galets mobiles et une roue fixe à empreintes. Le manche s'appuie sur les galets et ne peut qu'osciller alentour quand ses extrémités sont maintenues à des distances invariables de l'axe. Pour faire varier ces distances et réaliser la fixité de position, en d'autres termes pour faire avancer ou reculer le manche et le fixer ensuite (sous la réserve de l'oscillation pure et simple) dans la position convenable, on a relié les deux extrémités du manche par une chaîne qui s'applique dans l'intervalle sur la roue à empreintes et se tend d'un côté tandis qu'elle mollit de l'autre quand la roue tourne : on peut donc imprimer au manche un mouvement de translation dans l'un ou l'autre sens. Pour diriger le manche ainsi maîtrisé, on emploie deux leviers dont l'un, agissant directement sur l'arbre d'avant, rapproche la cuiller du bateau, tandis que l'autre, agissant sur l'arbre d'arrière, repousse la cuiller au large en la forçant à pénétrer dans le sol. Cette manœuvre est confiée à un ouvrier qui, debout sur une petite

plate-forme fixée à la grue et mobile avec elle, agit avec la main sur un des leviers et avec le pied sur l'autre.

Le fond plat de la cuiller est mobile autour d'une charnière. Il se ferme automatiquement par la seule pression de l'eau, lors de l'immersion, grâce à un loquet à ressort. Quand on veut opérer l'ouverture, on dégage le loquet en tirant une ficelle qui, pour plus de facilité, agit par l'intermédiaire d'un levier fixé sous le manche de la cuiller.

Considérée dans son ensemble, la machine se conduit ainsi qu'il suit. On commence par amener le bâti mobile dans le plan vertical où l'on veut draguer et l'on débraye le petit treuil à vapeur. Avant d'embrayer le gros, on laisse la cuiller descendre par son propre poids et on la ramène en arrière, c'est-à-dire plus près du bateau, par le moyen de la roue à empreintes : le manche se redresse ainsi presque verticalement, mais il reste toujours adossé à son double galet. Si l'on embraye alors le gros treuil, il tire obliquement sur la cuiller, qui tend à décrire un arc de cercle ayant pour centre l'axe des galets ; mais on peut agir en même temps sur le manche pour allonger horizontalement la courbe décrite et remplir plus sûrement la cuiller. Dès que celle-ci n'a plus qu'à remonter, on la redresse de façon à éviter la déperdition qui était si considérable avec les anciennes machines. On limite d'ailleurs l'ascension à la hauteur strictement suffisante. On débraye alors le gros treuil, on embraye l'autre, et la cuiller arrive en tournant au-dessus du réceptacle dans lequel elle doit se vider.

La résistance que la cuiller rencontre dans le terrain à creuser tend quelquefois à faire plonger l'avant du bateau dragueur. Pour prévenir cet effet sur le canal de l'Illinois, où le sol est de marne compacte, on adapte de chaque côté de l'avant deux béquilles ou poteaux à coulisses qu'on fait descendre jusqu'au fond du canal et qu'on fixe avec des broches en fer. Quand le terrain se trouve par trop résistant, on le désagrége préalablement à l'aide de pieux en fer.

La machine à vapeur comprend deux cylindres horizontaux, entièrement distincts, dont les pistons peuvent agir ensemble ou séparément sur le gros treuil. Cela permet de régler la dépense de vapeur sur la difficulté du travail à effectuer. — Dans les circonstances les plus favorables, sur le canal de l'Illinois, on

extrait de 6 à 700 mètres cubes en douze heures avec une consommation de charbon d'une tonne et demie.

La cuiller se vidait, sur ce même canal, dans une benne suspendue à une autre grue qui, se déplaçant sur des rails de service, parcourait l'une des digues et déposait le produit des dragages en cavaliers extérieurs. Nous avons constaté, montre en main, que pour remplir la cuiller, la transporter, la vider et la ramener au point de départ, il fallait une minute en général.

Que faut-il maintenant penser du mérite comparatif de cette drague et des nôtres? Malgré la préférence à peu près exclusive que lui accordent les Américains, il ne nous est pas démontré qu'un dragage à opérer en ligne droite, sur de grandes surfaces et en pleins bancs de sable, ne s'opérerait pas plus économiquement et surtout plus rapidement avec les bateaux pourvus sur chacun de leurs flancs d'une chaîne à godets. Mais pour peu que le dragage soit soumis à des sujétions comme il y en a presque toujours sur nos rivières et sur nos canaux, nous sommes porté à croire que la drague américaine à cuiller est de beaucoup préférable. Elle offre deux avantages très-saillants. Le premier, c'est de n'élever les déblais qu'à la hauteur strictement nécessaire. Le second, c'est d'agir à une grande distance du bateau-dragueur, au point précis qu'on a en vue, en se prêtant à toutes sortes de complications de fouille, notamment celle de ménager des talus réguliers. Elle peut accéder jusque dans des recoins embarrassés de bâtardeaux, et d'autant mieux que son tirant d'eau est faible. Simple et rustique dans ses organes, elle n'est pas exposée à une casse perpétuelle de godets, de maillons, de tambours, etc. Enfin la drague à cuiller ne fonctionne pas avec l'inflexibilité brutale des chaînes sans fin; elle porte dans tous ses mouvements l'allure calme et réfléchie qu'une volonté intelligente lui imprime. Il n'y a pourtant que trois hommes à bord du bateau dragueur : un chauffeur, un mécanicien et l'homme debout qui gouverne le manche de la cuiller. On voit cette hotte se mouvoir en l'air, tourner, monter ou descendre, avancer ou reculer, avec l'aisance d'un bras, d'un bras gigantesque doué d'une force irrésistible. C'est un spectacle véritablement impressionnant.

Nous en avons été frappé surtout quand nous avons vu la machine à draguer transformée en machine à déblayer à sec et puisant dans les berges sablonneuses

des environs de San Francisco le déblai qu'elle déposait dans des wagons amenés sur une voie latérale. Nous avons vu le même appareil élargissant une tranchée du Chemin de fer du Pacifique entre Wasatch et Ogden. Plusieurs tranchées du Michigan Central Railroad ont été ouvertes avec des machines construites à Chicago, comme les dragues du canal, dans les ateliers de MM. Atkins et Burgess. — La grue, les deux treuils, l'unique cylindre à vapeur (dont l'axe est ici vertical) et la locomobile sont installés sur une robuste plate-forme en charpente reposant sur quatre roues et calée latéralement à l'aide de verrins. La cuiller n'ayant pas à descendre en contre-bas de cette plate-forme, le manche en est beaucoup plus court que dans les machines à draguer. Les galets de support sont fixés non à une traverse spéciale, mais au bras inférieur de la grue, entre les deux pièces jumelles qui le constituent. Une transmission de mouvement, opérée par une chaîne à la Vaucanson, permet à la machine de se déplacer elle-même sur des rails. — Nous avons vu fouiller et charger en wagons près de 3 mètres cubes à la minute.

B. DRAGUE DE MORRIS ET CUMINGS.

La seconde drague dont nous avons à parler est encore une machine à mouvement discontinu.

On peut voir dans l'ouvrage de Sganzin-Reibell (pl. 136) un dessin d'anciennes dragues italiennes dites de Malte et de Venise. Il y a deux cuillers au lieu d'une: elles se joignent après avoir pénétré dans le sol et se ferment avant l'ascension. Elles sont à cet effet munies de deux tiges qui se croisent comme les branches d'une paire de ciseaux : en agissant avec des cordes et des poulies sur les deux branches supérieures, on les oblige et les autres aussi à se rapprocher. D'après un rapport de M. de Prony, la machine dite de Venise extrayait à 5 mètres de profondeur 2 mètres cubes de sable en cinq minutes.

Le principe de la drague de Morris & Cumings est le même ; mais le génie mécanique des Américains en a tiré un tout autre parti.

Les deux pièces mobiles forment par leur réunion une caisse demi-cylindrique s'ouvrant par le milieu comme celles qui servent à couler le béton sous l'eau. L'axe de rotation est fixé au bas d'un cadre métallique suspendu à une grue et

pouvant d'ailleurs être maintenu au fond de l'eau par le moyen de deux longues élindes ou perches verticales. Les deux fonds verticaux de la caisse sont reliés chacun par deux bras de fer articulés à une même traverse horizontale qui peut s'élever ou s'abaisser dans deux coulisses ménagées à travers les bords verticaux du cadre : si, le cadre restant immobile, on soulève cette traverse en la tirant du haut par une chaîne, la caisse s'ouvre, ses deux moitiés s'écartent ; elles se rapprochent quand on laisse retomber la traverse. Mais si l'on ouvre d'abord et qu'on laisse descendre l'appareil entier jusqu'à la rencontre du sol, la résistance de celui-ci s'oppose au rapprochement ultérieur des deux parties mobiles et par suite à l'abaissement de la traverse. Pour vaincre cette résistance, c'est encore sur la traverse qu'on agit. On agit indirectement, non par une pression exercée de haut en bas, mais (ce qui revient au même) par une traction exercée de bas en haut. A cet effet, le cadre porte vers sa partie inférieure un arbre horizontal sur lequel trois poulies sont calées; celle du milieu, sur laquelle descend une chaîne de commande, est plus grande que les deux autres; ces dernières sont reliées à la traverse mobile par deux bouts de chaîne enroulés en sens inverse de la chaîne de commande. Quand donc celle-ci, tirée du haut, se déroule, les bouts de chaîne s'enroulent au contraire sur les petites poulies, ce qui oblige la traverse mobile à se rapprocher en s'abaissant. L'effort ainsi communiqué aux bras articulés de la caisse oblige les deux compartiments à pénétrer dans le sol, ils se rapprochent en emprisonnant toute la matière qu'ils en ont détachée. Les bords amincis de la caisse, et surtout des crocs saillants en fer qui s'entre-croisent à l'extérieur au moment de la fermeture, facilitent beaucoup la pénétration du sol. Quand la caisse est fermée, la traverse mobile se trouve descendue dans ses coulisses aussi bas qu'elle peut descendre; mais la chaîne de commande tire toujours, et, l'arbre ne tournant plus, il faut que l'appareil remonte, cadre et caisse tout ensemble, avec le déblai dragué.

On peut, dit-on, extraire avec cette caisse demi-cylindrique de 1.000 à 2.500 yards cubes (de 750 à 1.900 mètres cubes) par journée de dix heures, la machine à vapeur affectée au levage ayant deux cylindres de $0^m,20$ à $0^m,30$ de diamètre avec une course de $0^m,60$ à $0^m,75$.

La caisse peut être remplacée par une double série de crocs se rejoignant

comme deux mâchoires; on a alors une sorte de carcasse évidée très-propre à l'extraction des blocs. On en a enlevé d'une grosseur énorme. D'après une de nos photographies, on aurait extrait le 1er mars 1870 des fondations du pont de la Rivière de l'Est un bloc pesant 15.000 tonnes (ou d'environ 6 mètres cubes).

Que l'on emploie la caisse demi-cylindrique ou la griffe à mâchoires, il est évident que l'on peut atteindre avec cet engin à de très-grandes profondeurs.

A titre de renseignements supplémentaires, nous citerons ceux que les inventeurs de l'appareil adressaient le 16 mai 1868 au général J.-H. Simpson dans une lettre ainsi conçue :

« Une de nos dragues, actuellement occupée dans le dock Cunard à Jersey-City, peut extraire par journée de dix heures et dans 25 pieds d'eau (7m,62) 1.500 mètres cubes de vase durcie. Dans du sable elle n'extrairait probablement pas plus de la moitié. Elle fait plus d'ouvrage dans le gros sable que dans le sable fin. Nous pouvons fournir une drague semblable, avec deux chalands de 150 mètres cubes de capacité, pour la somme de 250.000 francs, y compris le droit de brevet. Dimensions du bateau dragueur : 24m,40 sur 9m,15 et 2m,13 de profondeur. Capacité de l'auge : 4 mètres cubes. De 1 ½ à 2 tonnes de charbon consommé en dix heures. Environ sept hommes pour le service. Prix d'un bon remorqueur, ayant déjà servi : 50.000 francs. — Nous pouvons fournir pour 175.000 francs une bonne drague d'environ vingt-cinq chevaux de force, avec deux chalands de 150 mètres cubes, pouvant extraire en dix heures de 750 à 900 mètres cubes dans la vase durcie. La drague a, au niveau du pont, 21m,35 sur 8m,54 et 1m,83 de hauteur entre les ponts. Elle consomme les ¾ d'une tonne d'anthracite en dix heures et exige de cinq à six hommes pour le service. Les chalands ont 25m,92 sur 7 mètres et 2m,29 de profondeur. La capacité de l'auge est de 1mc,15. »

C. APPAREIL LONG POUR LE CREUSEMENT DES CHENAUX DANS LE SABLE.

Feu le lieutenant-colonel Stephen H. Long a imaginé vers 1860 un appareil qu'on peut adapter à l'avant d'un bateau quelconque pour creuser des chenaux dans les hauts-fonds de sable. Cet appareil a été employé sur le Mississipi de 1860

à 1862, puis en 1867, 1868 et 1869. On s'accorde à dire qu'il donne de bons résultats.

Il consiste en quatre cuillers de tôle juxtaposées et fixées au bas d'un bâti en charpente susceptible d'osciller autour d'un axe horizontal à l'avant du bateau. On soulève le bâti quand il ne doit pas servir ; on le laisse retomber sur le sable dans le cas contraire. Le bateau, après être venu se placer à l'amont du haut-fond, son avant tourné vers l'amont, se dirige à reculons vers l'aval : l'excavateur ameublit le sable, le soulève et l'entraîne jusqu'à ce qu'il l'ait amené dans la mouille qui succède au haut-fond.

Deux bateaux pourvus de cet appareil et fonctionnant pendant quatre mois d'eaux basses ont amélioré pendant les trois dernières années dix ou douze hauts fonds situés sur le haut Mississipi entre Saint-Paul et La Crosse (villes placées à 300 kilomètres de distance). La profondeur en basses eaux, qui variait de 2 pieds à 2 ½ et 3, fut portée à 4, 4 ½ et 5. On a rectifié et élargi d'autres chenaux sinueux où l'on trouvait bien de 3 ½ à 4 pieds d'eau, mais où des bateaux de 150 à 225 pieds (45 à 70 mètres) de longueur se mouvaient difficilement.

D. BATEAU EXCAVATEUR DU GÉNÉRAL MAC ALESTER.

On verra ci-après que le général Mac Alester a fait construire en 1867 un bateau spécial pour l'approfondissement d'une des embouchures du Mississipi. Ce bateau est à hélice, et c'est l'hélice elle-même qui désagrége et refoule le sable. La circonférence que décrit l'extrémité de ses quatre bras descend à $0^m,60$ en dessous de la coque. Il y a d'ailleurs une hélice pareille à chaque extrémité du bateau. Elles sont indépendantes et mues par des machines séparées. Le bateau est garni de cuves étanches qu'on peut emplir d'eau plus ou moins. Quand ces cuves sont vides, le bateau tire $4^m,88$ d'eau, mouillage qu'on est à peu près sûr de trouver en tout temps. Le tirant d'eau peut être progressivement porté à $7^m,32$, profondeur qu'on regarde comme devant suffire pendant longtemps à tous les besoins de la navigation.

On a obtenu, au moins en grande partie, l'approfondissement qu'on espérait ; mais les bras de l'hélice se cassent fréquemment contre la vase durcie du fond du chenal.

M. Mac Alester a proposé en outre d'adapter au bateau des râteaux qui rappellent ceux du colonel Long.

E. ENLÈVEMENT DES *SNAGS* OU ARBRES IMPLANTÉS DANS LE SABLE DES RIVIÈRES.

Le Mississipi, le Missouri, l'Arkansas et d'autres rivières du bassin sont sujets à un genre d'obstruction qui est aussi gênant et plus dangereux pour la navigation que les bancs de sable formés par suite de la corrosion des rives : ce sont les arbres que l'écroulement des berges précipite dans la rivière, où ils flottent jusqu'à ce qu'ils s'y fixent en s'y enterrant par la racine, la tête dressée vers l'amont et souvent aiguisée par le frottement des glaçons. Les arbres déracinés par les plus hautes crues sont généralement entraînés à une certaine distance ; l'eau dépouille leurs racines de la terre qui y adhérait ; ils sont par suite moins sujets à s'ancrer dans le lit de la rivière ; la plupart *flottent* jusqu'à ce qu'ils s'arrêtent sur quelque haut-fond de sable où ils se desséchent et où les crues suivantes les reprennent pour les entraîner de nouveau. Ces bois flottés, bien que dangereux parfois, sont bons à quelque chose ; sur le Missouri par exemple, dans certaines parties où le bois de chauffage est rare, le profit qu'on tire des bois échoués fait plus que compenser les chances de rupture des roues, des gouvernails et de quelques planches d'une coque peu solide.

Mais les *snags*, c'est-à-dire les troncs d'arbres qui s'implantent dans le lit de la rivière, ne peuvent servir à rien et sont très-dangereux. On en trouve dans tous les coudes du Missouri, isolés ou en groupes, se dressant d'une façon menaçante au-dessus de la surface de l'eau ou se cachant au-dessous sans que rien de plus qu'une ride superficielle décèle leur présence. Quelques-uns ont vieilli et se sont dénudés dans la position qu'ils occupent, tandis que d'autres, nouveaux venus, ont conservé leurs branchages et s'étendent à travers le chenal.

Les arbres les plus récemment entraînés se trouvent près de la berge. De là ils passent successivement au large et se fixent dans des barres mouvantes. Quand viennent les débâcles du printemps, la glace les amincit et les coupe au niveau des basses eaux ; aucun pilote ne peut plus dire alors où ils sont ; les hommes les mieux familiarisés avec la rivière en ont perdu le souvenir ; leur présence ne se

manifeste que par le désastre qu'ils causent; les heurter, c'est se perdre sûrement.

On ne peut pas évaluer avec certitude les dimensions d'un *snag* d'après ce qu'on en voit au-dessus de l'eau; on ne peut que s'en faire une idée d'après son inclinaison et la profondeur de l'eau. Les petits *snags* qu'on voit apparaître ne sont que des branches de gros arbres enterrés dans le sable; les gros arbres seuls ont des racines assez puissantes pour former un ancrage résistant.

On voit par ces détails que la recherche et l'enlèvement des *snags* intéressent au plus haut point la navigation des rivières de l'Ouest. Il y a là un travail permanent, qu'il faut reprendre et continuer chaque année autant et plus que le creusement des chenaux d'étiage. En 1866, le gouvernement fédéral en a fait l'objet d'un service spécial centralisé entre les mains du colonel John M. Macomb. Cet ingénieur se fit envoyer des bureaux de l'Administration centrale les dessins des *snag-boats* qui avaient été construits vingt ans auparavant sous la direction du capitaine H. M. Shreve, du capitaine John W. Russell et autres. Il présenta un nouveau projet qui fut approuvé le 26 février 1867. Amélioré depuis dans les détails, ce projet diffère surtout des précédents en ce que le bateau est à double coque et muni de plusieurs machines à vapeur qui rendent les roues motrices indépendantes des appareils de levage. L'extraction se fait à l'aide de grues. L'arbre, à peine extrait de l'eau, se trouve couché sur des rouleaux où des scies à vapeur le débitent et permettent soit d'en tirer parti, soit de s'en débarrasser sur-le-champ. Snag-boats.

Voici deux faits constatés en décembre 1868 par un ingénieur (M. Henry C. Long) envoyé en reconnaissance sur le bas Mississipi, en aval de Cairo. Le *snag-boat Albert* extrayait un cotonnier de 27^{m},45 de longueur, 0^{m},97 de diamètre au gros bout et quelques pouces seulement au sommet. On mit environ quinze minutes pour le tirer hors d'eau et le placer sur les rouleaux. — Huit jours après le même bateau enleva un cotonnier de 39^{m},65 de longueur, 4^{m},88 de circonférence au gros bout et 2^{m},44 à la pointe. On avait mis trois heures et demie à l'extraire et l'on comptait en mettre autant pour le débiter, soit sept heures en tout.

Le 7 mai 1869, M. Milnor Roberts, ingénieur en chef de la navigation de l'Ohio à Pittsburg, était venu à Saint-Louis pour voir fonctionner *l'Albert*. Le bateau

remonta d'abord la rivière à une vitesse de 8 à 10 kilomètres à l'heure contre un courant de 8 kilomètres. A 5 kilomètres en amont de Saint-Louis, on rencontre un *snag :* le bateau s'arrête, l'enlève et repart ; l'arrêt n'avait été que de six minutes. Tandis que les scies fonctionnaient, le bateau remontait lentement en cherchant quelque autre snag. Le second qu'on rencontra était un sycomore de 15^{m},25 de longueur et 4^{m},10 de circonférence au gros bout : en vingt minutes on l'eut extrait et débité.

Durant l'automne de 1868 on retira du Minnesota, savoir :

30	arbres ayant	de 0^{m},10	à 0^{m},15	de diamètre,
681	—	de 0^{m},15	à 0^{m},51	—
38	—	de 0^{m},51	à 0^{m},76	—
17	—	de 0^{m},76	à 0^{m},91	—
6	—	de 0^{m},91	à 1^{m},05	—
8	—	plus de	1^{m},05	—

II. — CRIB-WORKS (COFFRAGES GARNIS D'ENROCHEMENTS).

Les ouvrages en rivière tels que digues, jetées, murs de quai, culées de petits ponts, etc., sont généralement aux États-Unis ce qu'on appelle des *crib-works* (ouvrages de crèche). Le *crib* est une crèche, un coffrage qu'on remplit plus ou moins de pierraille ou d'enrochements. On immerge les coffrages à la suite les uns des autres. Ils ne forment pas seulement une fondation, mais s'élèvent à 1^{m},50 ou 2 mètres au-dessus de l'eau. En les recouvrant d'un plancher on en fait des quais.

Le coffrage-type actuellement adopté pour les ports du lac Michigan a 9^{m},76 de longueur, 6^{m},10 de largeur et 5^{m},18 de hauteur. Il est exclusivement composé de pièces de bois ayant 0^{m},30 d'équarrissage et trois longueurs différentes : 6^{m},10, 8^{m},54 et 9^{m},15. On obtient d'abord en les superposant quatre murailles extérieures pleines, les murailles longitudinales dépassant les autres de 0^{m},60. Il y a dans le milieu une troisième muraille longitudinale demi-pleine, c'est-à-dire offrant, dans le sens de la hauteur, autant de vide que de plein, et deux murailles transversales demi-pleines. Les pièces sont assemblées à mi-bois aux points de croisement et à queue d'aronde à leurs extrémités. Elles sont reliées

en outre par des boulons verticaux ayant 35 millimètres de diamètre et deux longueurs différentes, $0^m,51$ et $0^m,81$. A $0^m,30$ au-dessus du fond se trouve un grillage formé par deux cours de pièces qui se croisent en laissant des vides rectangulaires de $0^m,72$ sur $0^m,67$. Le remplissage en pierres est limité au niveau de l'eau.

La dépense d'un coffrage de ce genre peut être estimée ainsi qu'il suit :

2.536 pieds linéaires de bois de sapin d'un pied d'équarrissage, à 1 fr. 40 le pied courant, soit 70 mètres cubes à 50 fr. . . .	3.500 fr.
1.381 kilogr. de fer pour boulons, à 0 fr. 60.	829
Moellons de remplissage : 189 mètres cubes dans le coffrage, plus 30 mètres cubes environ entre deux coffrages consécutifs, soit 220 mètres cubes à 20 fr.	4.400
TOTAL.	8.929 fr.
Soit par mètre courant de coffrage $\frac{8.929}{9^m,76}$ =.	900
Somme à valoir.	100
TOTAL PAR MÈTRE COURANT.	1.000 fr.

Pour une profondeur d'eau plus grande, on augmente la largeur et la longueur du coffrage. Ainsi le type arrêté en 1868 pour le port de Marquette (*Lac Supérieur*) présente $15^m,25$ de longueur, $9^m,15$ de largeur et $8^m,23$ de hauteur. Ces dimensions plus grandes ont conduit à renforcer le système des murailles intermédiaires. Celle qui est parallèle aux longs côtés du coffrage est pleine comme les deux autres ; on a mis à l'intérieur cinq murailles transversales au lieu de deux, celle du milieu étant pleine et les quatre autres demi-pleines. La dépense peut être estimée ainsi qu'il suit :

Bois de sapin d'un pied d'équarrissage en longueurs de 20, 23, 27 et 30 pieds : développement total 8.554 pieds à 1 fr. 40. . . .	11,976 fr.
Boulons de $0^m,35$ de diamètre sur $0^m,51$ et $0^m,81$ de longueur : 5.153 kilogr. à 0 fr. 60.	3.092
Moellons : 785 mètres cubes dans le coffrage, plus 81 mètres cubes dans l'intervalle de deux coffrages consécutifs : 766 mètres cubes à 20 fr.	15.320
TOTAL.	30.388 fr.
Soit par mètre courant.	2.648
Somme à valoir.	252
TOTAL.	2.900 fr.

L'assemblage des bois, le transport par eau, l'échouage et le remplissage des crèches s'opèrent sans grands frais de main-d'œuvre, sans bâtardeaux, sans épuisements, sans battages. Les moellons passant à travers les vides du grillage du fond peuvent limiter l'effet des affouillements. Si cependant un coffrage subit un tassement, on peut l'exhausser sur place. Ces murailles verticales et à parement lisse se prêtent bien à l'accostage des bateaux. Toute portion de jetée ainsi construite est immédiatement utile et peut attendre un prolongement éventuel ajourné par des raisons d'argent ou des éclaircissements nouveaux à déduire de l'expérience. Ces avantages pratiques, et le bon marché des bois mis en regard de la cherté des pierres, expliquent suffisamment la vogue dont les *cribworks* jouissent aux États-Unis.

III. — BARRAGES MOBILES.

En arrivant aux États-Unis, nous étions particulièrement désireux de savoir ce qu'étaient devenus les barrages *américains* dont le germe a si bien fructifié en France. Mais nous eûmes de ce côté une déception profonde. Aux premières questions que nous fîmes, on ne comprit pas ce que nous voulions dire ; des ingénieurs, fort expérimentés d'ailleurs, ne connaissaient pas même de nom les barrages mobiles (*movable dams*). Les anciens seuls se souviennent d'avoir vu, dans les barrages accolés aux écluses du Lehigh (Pennsylvanie), une fermeture mobile dont le seul but était d'opérer des lâchures nécessaires en été au flottage des bois : c'est bien dans le même but qu'a été construit sur la Marne (près de Saint-Dizier) le barrage de La Neuville. Le Lehigh n'a plus maintenant que des barrages fixes en aval de Mauch-Chunk ; il n'a plus en amont, de Mauch-Chunk à White-Haven, que des ruines attestant la violence des crues ou l'inexpérience des constructeurs.

Hors de là, nous n'avons entendu parler de barrage mobile qu'à l'occasion d'un projet de rectification des *rapides* des Moines, sur le Mississipi. Une commission d'ingénieurs, chargée d'étudier ce projet, a mentionné dans un rapport en date du 20 juillet 1867 « la porte flottante perfectionnée de Brunot ; » elle n'en avait vu qu'un modèle et elle en parle en termes très-sommaires. Voici ce qui ressort de ces indications.

La porte ou vanne se construit en bois ou en fer; elle est creuse, étanche, et mobile autour de sa base, autour d'un axe horizontal fixé en travers du pertuis. On peut, à l'aide de ventelles disposées latéralement en amont et en aval, faire arriver l'eau du bief supérieur dans une cavité ménagée sous la vanne. Celle-ci se soulève alors par l'effet de la sous-pression due à la différence de niveau des deux biefs, et elle retombe par son poids quand on ferme la vanne d'amont et qu'on ouvre celle d'aval. Mais comme cette sous-pression serait insuffisante pour faire prendre à la vanne une inclinaison un peu forte, on remplit d'eau la porte par le moyen d'une autre ventelle ou on la vide, en combinant cette opération avec la première. La Commission indique d'ailleurs que si l'on veut rendre l'abatage automobile, si l'on veut que la vanne s'abaisse d'elle-même quand l'eau atteint un niveau déterminé en amont, il suffit d'avoir dans la culée un conduit vertical dont l'orifice affleure ce niveau.

La Commission se borne enfin à signaler le système à l'attention de l'Administration supérieure en émettant le vœu qu'on l'expérimente sur une grande échelle. Ce qui la préoccupe surtout, eu égard à la mission dont elle est chargée, c'est la construction des portes de nouvelles écluses auxquelles on veut donner 80 pieds (24^{m},40) d'ouverture avec des chutes de 10 à 12 pieds (3^{m},05 à 3^{m},66). Les portes busquées ordinaires auraient environ 43 pieds (13^{m},11) de largeur sur 24 à 26 de hauteur (7^{m},32 à 7^{m},93). On pourrait les construire en bois ou en fer, le bois étant beaucoup moins cher de premier établissement. Mais ne pourrait-on utiliser la propriété des portes flottantes? Ne pourrait-on changer le mode de remplissage et de vidange des grands sas d'écluses? Sur les rivières, où l'eau ne manque pas, ne pourrait-on utiliser la chute et réduire le personnel des éclusiers?

Simples questions, que nous reproduisons ici comme un indice de l'état de l'art en Amérique. Les solutions sont encore à trouver. — Nous reviendrons d'ailleurs sur les portes d'écluses en parlant des canaux.

---

§ 2. — REVUE DES TRAVAUX EN COURS D'EXÉCUTION.

Nous allons faire connaître quel était, au point de vue des travaux d'amélioration, l'état des rivières et des lacs en 1870. Nous passerons successivement en revue le versant du Pacifique, le bassin du Mississipi, le versant de l'Atlantique et enfin le bassin du Saint-Laurent, qui comprend tous les lacs.

I. — VERSANT DU PACIFIQUE.

Nous n'avons que quelques mots à dire de ce versant.

Le littoral des États-Unis sur l'Océan Pacifique ne compte, sur un développement de 2.160 kilomètres (non compris le territoire d'Alaska récemment acquis de la Russie), que trois fleuves importants : la Columbia, qui sépare au Nord le territoire de Washington de celui de l'Orégon, — le Sacramento, qui débouche dans la grande baie intérieure de San Francisco, — et le Salimas, qui aboutit à la rade de Monterey. Les études et les travaux d'amélioration sont concentrés entre les mains d'un seul ingénieur en chef, le colonel R. J. Williamson, qui réside à San Francisco.

Des travaux, on n'en a exécuté depuis 1865 que sur la Willamette, affluent de la Columbia, dans la partie comprise entre la ville de Portland (Orégon) et le confluent. Ces travaux peu importants ont consisté dans l'ouverture de deux chenaux à la drague et dans l'extraction d'arbres échoués.

On a fait quelques expériences, demeurées incomplètes, pour déterminer ce que coûterait l'enlèvement de roches qui obstruent la partie supérieure du cours de la Columbia. Nous avons dit dans le chapitre des Chemins de fer que l'exécution partielle du *Northern Pacific Railroad* pourrait bien donner prochainement de l'importance à la navigation de ce fleuve.

II. — BASSIN DU MISSISSIPI.

Idée générale.

Le Mississipi forme, comme nous l'avons indiqué déjà, l'artère centrale d'un bassin qui occupe presque tout l'espace compris entre les montagnes Rocheuses

et les Alleghanys. Il sert de limite à dix États, cinq à l'Ouest et cinq à l'Est. Si l'on y joint quatre autres États en bordure sur l'Ohio, on a quatorze États qui, au triple point de vue de l'étendue totale, de la superficie des terres en culture et de la population, constituent plus de la moitié de l'Union fédérale.

Les principaux affluents de l'Ouest sont : le Minnesota, qui aboutit à 15 kilomètres en amont de Saint-Paul, le Missouri, qui aboutit à 20 kilomètres en amont de Saint-Louis, l'Arkansas et le Red-River. Parmi les affluents de l'Est, nous pourrions ne citer que l'Ohio, qui aboutit à Cairo ; mais nous en ajouterons quatre autres : la rivière Sainte-Croix, qui aboutit un peu en aval de Saint-Paul ; l'Illinois, qui aboutit presque à l'embouchure du Missouri ; entre les deux, le Wisconsin, qui aboutit à *Prairie-du-Chien* ; et enfin le Tennessee, affluent de l'Ohio, qu'il joint à 60 kilomètres en amont de son embouchure. Supprimant le Red-River, nous venons de nommer tous les cours d'eau sur lesquels il y a des travaux en cours d'exécution ou en projet.

Répartition du service entre les ingénieurs du gouvernement.

Le service des travaux ou des études qui s'exécutent aux frais de l'Union est divisé entre six ingénieurs en chef de la façon suivante :

1° Études et travaux d'amélioration sur le haut Mississipi, le Minnesota et le Wisconsin (Général G. K. Warren, à Davenport).

2° Service spécial de la rectification des Rapides des Moines et de Rock-Island, sur le haut Mississipi, et des Études tendant à l'amélioration de l'Illinois (Général J. H. Wilson, à Keokuk).

3° Entretien du bas Mississipi, du Missouri et de l'Arkansas (Colonel J. N. Macomb).

4° Amélioration des embouchures du Mississipi (Général M. D. Mac Alester, à la Nouvelle-Orléans).

5° Amélioration de l'Ohio (Colonel W. E. Merrill, à Pittsburg).

6° Amélioration des chutes de l'Ohio et du Tennessee (Général G. Weitzel, à Louisville).

Sans nous préoccuper autrement de cette répartition du service, nous allons dire ce que nous avons appris d'intéressant sur chaque cours d'eau successivement.

A. — LE MISSISSIPI.

Le Mississipi, qui a un développement total de 4.210 kilomètres, reçoit le Missouri vers le milieu de son cours, à l'altitude de 127 mètres. Au-dessus comme au-dessous de ce confluent, la largeur maximum du fleuve entre les berges est de 1.500 mètres environ. Les crues sont de 11 mètres sur le haut Mississipi et de 16 mètres vers l'embouchure[1].

Inconvénient des rapides de Rock-Island et des Moines.

Suivant le général Humphreys, le Mississipi a été originairement une rivière limpide comme le Niagara; il était alors alimenté par une série de lacs couvrant tout le sol actuel des prairies de l'Illinois et de l'Iowa. Ces lacs ont disparu tous, et c'est alors que le fleuve s'est transformé en un cours d'eau trouble. Les Rapides qui existent en amont de Rock-Island et en amont de Keokuk (à l'embouchure de la rivière des Moines) attestent évidemment l'existence antérieure de deux barrières naturelles que les eaux n'ont qu'incomplétement rompues.

Infranchissables pendant les basses eaux, ces Rapides sont d'ailleurs les seuls qui existent entre Saint-Paul et la Nouvelle-Orléans[2]. Ils entravent conséquemment de la manière la plus fâcheuse la navigation du fleuve; ils portent un grave préjudice non-seulement aux cinq États agricoles qui bordent le haut Mississipi, mais aussi aux États de l'Est, auxquels sont expédiés les produits de l'intérieur : il y a par suite un intérêt général, national, à les rectifier. Cette rectification étant supposée accomplie, le transport par eau de Saint-Paul à New-York sera, suivant le général Wilson, plus économique par Saint-Louis, le Mississipi et la mer, que par Chicago, les grands lacs et le canal Érié. Voici le détail comparatif du prix pour un boisseau ($36^{lit},37$) de blé :

[1] Nous ne voulons pas nous étendre ici sur le régime du Mississipi. La bibliothèque de l'École des ponts et chaussées possède un exemplaire, offert par MM. Humphreys et Abbot, de l'ouvrage dans lequel ces deux ingénieurs ont rendu compte des études faites par eux en commun sur la partie inférieure de ce fleuve. L'ouvrage a été imprimé en 1861 par ordre du Congrès. M. Victor Fournié, ingénieur des ponts et chaussées, en a traduit sous forme d'analyse et publié trois chapitres en 1867.

[2] Saint-Paul est bâti à quelque distance en aval d'autres rapides auxquels le Père Hennepin, récollet, qui les reconnut le premier en 1678, donna le nom de *Sault de Saint-Anthoine de Padoue*. On les appelle encore *Saint Anthony's Falls*.

1° PAR CHICAGO.

	fr.
Transport de Saint-Paul à Chicago.	1,60
Transbordement, etc., à Chicago.	0,10
De Chicago à Buffalo.	0,50
Transbordement, etc., à Buffalo.	0,10
De Buffalo à New-York...	1,20
TOTAL.	3,50

2° PAR SAINT-LOUIS.

	fr.
De Saint-Paul à Saint-Louis.	0,75
Transbordement, etc., à Saint-Louis.	0,15
De Saint-Louis à la Nouvelle-Orléans.	0,625
Transbordement, etc., à la Nouvelle-Orléans. . .	0,125
De la Nouvelle-Orléans à New-York.	1,00
Supplément d'assurance.	0,10
TOTAL.	2,75

70 pour 100 du maïs, de l'avoine, de l'orge, du foin, du chanvre, du tabac et des porcs vendus à Saint-Louis en 1867, et dont on estime la valeur totale à plus d'un milliard de francs, étaient venus par eau des cinq États du haut Mississipi. Mais les chemins de fer enlèvent une fraction croissante de ce trafic à La Crosse, à Prairie-du-Chien, à Dunleith, à Rock-Island, d'où ils se portent par des tracés directs vers Chicago. Ce détournement du courant commercial tient en grande partie à l'existence des Rapides de Rock-Island et des Moines. C'est une plaie pour les 300 bateaux à vapeur qui desservent le haut Mississipi. En 1867, les Rapides des Moines ont été presque entièrement inabordables pendant 64 jours, et ils ont eu moins de 4 pieds d'eau pendant 72 autres jours; il est monté 677 steamboats et il en est descendu 671; le plus grand nombre a dû transborder une partie de sa cargaison soit sur des bateaux-alléges, soit sur des wagons : on évalue les frais qui en sont résultés à 1.250.000 francs pour la batellerie, bien qu'elle ait augmenté ses prix de 5 francs par tonne. On estime à 2 millions et demi de francs la perte que ce transbordement entraîne annuellement pour les États riverains du haut Mississipi.

Deux projets de rectification ont été approuvés par le Congrès, savoir : en 1867

pour les Rapides de Rock-Island et en 1868 pour ceux des Moines. Les travaux, poursuivis depuis lors, touchent à leur fin pour les Rapides de Rock-Island, mais non pour les autres. Les conditions naturelles diffèrent assez notablement des uns aux autres, et les solutions adoptées sont très-différentes : à Rock-Island on se borne à creuser sur place un chenal convenable en faisant disparaître le rocher qui gêne, tandis qu'on substitue un canal latéral à une partie des Rapides des Moines. Nous allons entrer dans quelques détails particuliers sur chacune de ces deux entreprises.

Amélioration des rapides de Rock-Island.

La ville de Rock-Island est sur le chemin de fer qui court presque directement à l'Ouest de Chicago vers Omaha. Les Rapides sont situés immédiatement à l'amont et s'étendent sur une longueur de 23 kilomètres avec une chute à peu près uniformément répartie de 22 pieds (6^{m},70). La largeur du fleuve sur ce parcours varie de 450 à 1.200 mètres. La vitesse du courant varie d'un kilomètre et demi à l'heure à cinq kilomètres et demi.

Les eaux coulent sur une formation rocheuse dont les bancs inclinés, inégalement durs et inégalement entamés, ont laissé subsister des barres ou *chaînes* transversales séparées par des râcles ou mouilles de 6 à 30 pieds (1^{m},83 à 9^{m},15) de profondeur. Pendant 90 jours annuellement en moyenne, c'est-à-dire pendant un tiers de la saison navigable, on a moins de 4 pieds d'eau sur le haut-fond le plus élevé. Du reste, sur les 23 kilomètres, il y en a 18 qui se trouvent dans de bonnes conditions de navigation : la longueur à rectifier se réduit donc à 5 kilomètres.

On a adopté 60 mètres pour largeur du chenal et 1^{m},22 pour profondeur au plus bas étiage. On a pensé que, la largeur moyenne du lit n'étant que de 750 mètres, on n'avait à craindre pour les bateaux ni une déviation sensible du courant principal, ni l'effet des vents contraires. Quelques bouées ou des pyramides de pierres permettront de naviguer même pendant la nuit. Ce genre de rectification n'implique pas d'entretien coûteux, et il n'engage en rien l'avenir pour le cas où on voudrait procéder à quelque amélioration plus radicale.

Le projet comportait l'enlèvement de 44.000 mètres cubes de rocher. Les travaux furent adjugés le 28 juin 1867 à des entrepreneurs qui s'engageaient à extraire au moins 3.750 mètres cubes par mois. Ils avaient la faculté d'em-

ployer à leur choix des bâtardeaux, des ciseaux plongeants ou des mines agissant sous l'eau; mais tous les frais d'outils et d'installation étaient à leur charge, le *gouvernement* ne payant qu'à raison du travail fait.

Ils ont employé les deux premiers procédés. Les ciseaux, après des tâtonnements onéreux et des pertes de temps, paraissent avoir convenablement fonctionné. Les bâtardeaux étaient construits dans le genre des *crib-works* avec substitution de terre aux pierres de remplissage. Le bâtardeau du haut-fond dit *de Molène* isolait un espace de 290 mètres de longueur et 80 mètres de largeur. Après avoir épuisé, on attaquait le roc à la poudre. On faisait partir de 6 à 20 mines à la fois. En moyenne on extrayait près d'un mètre cube de rocher par kilogramme de poudre. On avait discuté, mais on écarta finalement l'idée de substituer la nitro-glycérine à la poudre de mine ordinaire : on admettait que le pouvoir explosif de la nitro-glycérine était treize fois plus considérable, mais on craignit de n'en pouvoir régler et limiter les effets, surtout dans le voisinage du bâtardeau.

Amélioration des rapides des Moines. État des lieux.

La ville de Keokuk est située sur la rive Ouest du Mississipi, à l'embouchure de la rivière des Moines, à la pointe d'une sorte de coin que forme l'État d'Iowa pénétrant entre ceux du Missouri et d'Illinois. Les Rapides s'étendent en amont, de Keokuk à Montrose, sur 18 kilomètres de longueur, avec une pente totale qui est de 22 pieds ($6^m,70$) comme à Rock-Island, mais qui, au lieu d'être également répartie, est accumulée sur les 12 derniers kilomètres d'aval, de Keokuk au village de Nashville.

En amont de Montrose est une grande plaine presque horizontale, sillonnée de fondrières, soumise dans sa partie inférieure à des débordements annuels et couverte d'une puissante végétation de saules et d'érables. A l'entour se développent des terrasses d'une hauteur uniforme. La surface de l'ancien lac était à 32 mètres au-dessus de l'étiage actuel. De là les eaux, faisant irruption, se sont ouvert dans le rocher calcaire un chenal dont le fond est à 60 mètres à peu près en contre-bas du niveau général des prairies. La largeur moyenne, qui est de 1.370 mètres environ, est de 600 mètres plus faible qu'en amont et en aval. Les crues maxima sont de $3^m,85$ à Montrose et de $5^m,90$ à Keokuk. Ici la stratification plonge vers le Sud avec une inclinaison qui est précisément celle que le fleuve

a prise : les eaux s'écoulent en une nappe tranquille, à la surface d'un banc qui est plus dur que les bancs supérieurs, mais qui cependant se laisse ronger à la longue vers l'aval, de telle sorte que les Rapides reculent vers l'amont, comme le fait la chute du Niagara. La profondeur, qui est moyennement de 0m,73 en eaux basses, ne varie guère dans l'étendue des Rapides. On estime le débit à 800 mètres cubes par seconde en basses eaux et à 8.000 mètres cubes en hautes eaux. Le rocher ainsi recouvert par les eaux est simplement sillonné par un chenal étroit, sinueux, qui s'élargit ou se rétrécit, s'approfondit ou se relève, et quelquefois se divise.

Projet du général Wilson.

Si l'on eût voulu, suivant un projet dressé dès l'année 1837, procéder comme à Rock-Island, on n'eût obtenu, au prix d'une dépense bien plus considérable, qu'un résultat beaucoup moins satisfaisant. Aussi le général Wilson, chargé du service par une décision du 3 août 1866, présenta dès le 1er janvier 1867 un projet d'amélioration dont les bases étaient celles-ci : 1° Construire de Keokuk à Nashville un canal de 12 kilomètres placé dans le lit même du fleuve, contre la rive de l'Iowa, et isolé par une digue longitudinale en terre revêtue de pierres ; 2° Conserver la navigation en rivière en amont jusqu'au haut-fond supérieur ; 3° Franchir ce haut-fond par une grande tranchée dans le roc. Ce projet s'exécute actuellement avec quelques modifications de détail ; jusqu'en 1869 l'exécution n'avait pas présenté de faits spéciaux que nous croyions devoir mentionner ici. Mais l'examen du projet a donné lieu, préalablement à l'approbation définitive, à des incidents dont la relation sommaire peut à la fois offrir quelque intérêt technique et faire ressortir par un exemple certaines particularités de l'administration des travaux publics aux États-Unis.

Nomination d'une commission spéciale.

Le général Wilson n'avait pris possession de son nouveau service que dans le courant du mois d'août 1866 : la présentation du projet suivit donc de bien près. Ce projet, approuvé le 5 février 1867 par le chef de l'administration (le général Humphreys) fut soumis au Congrès ; bien qu'adopté à la Chambre des représentants, il fut rejeté au Sénat. En conséquence le général Humphreys, agissant par ordre du ministre de la guerre, nomma le 22 mars une Commission chargée d'étudier à nouveau et *sans restrictions* la question de l'amélioration des Rapides des Moines. Cette Commission était composée ainsi qu'il suit : 1° le colonel

G. N. Macomb, lieutenant-colonel au corps du génie (ou des ingénieurs); 2° le major-général J. H. Wilson, lieutenant-colonel au 35e d'infanterie (l'auteur du projet); 3° le major général J. K. Warren, major du génie; 4° W. Milnor Roberts, ingénieur civil, alors chargé du service de l'amélioration de l'Ohio. Le secrétaire désigné était le lieutenant-colonel P. C. Hains, capitaine du génie, et nous dirions en France un des ingénieurs *ordinaires* de M. Wilson.

La Commission se réunit en avril et en mai à Keokuk, puis à Davenport. Elle avait à explorer un bien vaste champ d'études. Cependant dès le 13 mai elle adressa ses conclusions, sous forme de rapport préliminaire, à l'administration supérieure. Elle y joignait une estimation sommaire de la dépense, mais ajournait la production des dessins et des développements destinés à justifier le choix qu'elle proposait entre les solutions diverses du problème. Ce fut l'objet d'un deuxième rapport présenté le 20 juillet. Avant la fin du même mois, le général Wilson avait reçu l'ordre de procéder à l'exécution des travaux.

Cadre du rapport de la commission.

Ce deuxième rapport, imprimé comme document parlementaire, n'occupe pas moins de quarante pages en fins caractères dans la collection que nous devons à l'obligeance du général Humphreys. Voici quel en est le cadre :

1° Description des Rapides, Rapprochement des études faites à différentes époques, Relations observées entre les hauteurs d'eau.

2° Dimensions que doivent présenter tous ouvrages propres à répondre aux besoins de la navigation.

3° Projet d'amélioration du *chenal* naturel par voie d'élargissement et d'approfondissement. Estimation de la dépense probable.

4° Projet d'amélioration par des barrages transversaux avec écluses pour les steamboats et pertuis pour les bateaux ordinaires et les radeaux. Estimation de la dépense.

5° Projet d'amélioration proposé par M. W. Edmunds, de l'Illinois. Estimation de la dépense.

6° Projet d'amélioration au moyen d'un *chenal* creusé le long de la rive de l'Iowa, de Keokuk à Montrose. Estimation de la dépense. Projet analogue sur la rive de l'Illinois.

7° Projet d'un *canal* le long de la rive de l'Iowa. Estimation de la dépense. [Projet du général Wilson.]

8° Projet d'un *canal* le long de la rive de l'Illinois. Estimation de la dépense.

9° Avantages et inconvénients comparatifs du projet d'un *canal* sur la rive de l'Iowa avec celui d'un *chenal* creusé le long de l'une ou l'autre rive.

Sur le premier point, nous n'ajouterons rien à ce que nous avons déjà dit. Sur le second, nous renvoyons aux conclusions finales de la Commission.

Estimations comparatives.

Les estimations totales se résument ainsi qu'il suit :

1° Amélioration du chenal naturel par excavation :

61^{m}	de largeur et	1^{m},22	de profondeur	[100 fr. le mètre cube]. .		13.238.925	fr.
91,50	—	1 ,22	—	[82,33 —]. .		18.241.810	
61,	—	1 ,52	—	[73,33 —]. .		17.520.910	
91,50	—	1, 52	—	[66,33 —]. .		25.171.750	

2° Barrages transversaux avec écluses et pertuis. 12.300.455

3° Projet de M. Edmunds. 1.926.720

4° Projet d'un chenal creusé le long de la rive de l'Iowa :

61^{m}	de largeur et	1^{m},22	de profondeur.	13.764.665	
91,50	—	1 ,22	—	17.519.510	
61.	—	1 ,52	—	16.589.370	
91,50	—	1 ,52	—	23.309.550	

Conclusions de la commission.

Les conclusions que la Commission avait déposées dès le 13 mai portaient sur quatre points principaux et se résumaient ainsi qu'il suit :

1° Adoption en principe du projet du général Wilson.

2° Le fond du canal à l'extrémité supérieure et le busc de l'écluse de garde (laquelle fonctionnera aussi comme écluse de chute) doivent être placés à 5 pieds (1^{m},52) en contre-bas de l'étiage de la rivière en ce point ; le busc de l'écluse inférieure, à Keokuk, doit être à la même profondeur en contre-bas de l'étiage du lieu. — La cuvette du canal, l'écluse intermédiaire et l'écluse inférieure doivent être disposées pour contenir 8 pieds d'eau quand la rivière est à 3 pieds au-dessus de l'étiage. — Les dimensions de l'écluse resteront fixées comme dans le projet du général Wilson, à 300 pieds (91^{m},50) de longueur de busc en busc et 80 pieds (24^{m},40) d'ouverture à la hauteur des couronnements. — L'épaisseur prévue pour

les bajoyers est largement suffisante eu égard aux pressions qui peuvent se produire, et l'ingénieur du service doit être invité à réduire cette épaisseur autant qu'il croira pouvoir le faire sans compromettre la solidité des murs. Les portes de garde (*reversed gates*) projetées à l'extrémité d'aval ne sont pas nécessaires et peuvent être supprimées dans un but d'économie.

3° On pourra sans inconvénient réduire la largeur de la cuvette de 300 pieds à 200 (de 91 mètres à 61) dans les quelques portions où des saillies de la rive la placent en déblai. — La plate-forme de la digue longitudinale doit être placée à 2 pieds (au lieu de 4) au-dessus des plus hautes eaux connues. La largeur sera réduite à 10 pieds ($3^m,05$). L'inclinaison des talus sera réduite de $1\frac{1}{4}$ à $1\frac{1}{2}$. — Le revêtement de pierres prévu pour le dessus de la digue et pour le haut du talus intérieur, se trouvant hors de l'eau, doit être supprimé et remplacé par un semis de gazon. Il suffit que le revêtement intérieur s'élève jusqu'à 4 pieds au-dessus des plus hautes eaux, c'est-à-dire jusqu'à 12 pieds au-dessus du plafond.

4° Le projet du général Wilson prévoit, pour l'amélioration du chenal en amont de Nashville, l'extraction d'une quantité considérable de rocher sous l'eau. L'ingénieur du service doit être invité à revoir avec soin cette partie du fleuve et à chercher par un relèvement artificiel des eaux à diminuer le cube du rocher à extraire; cette nouvelle étude devra être soumise à l'approbation de l'administration centrale.

A ces renseignements nous n'en ajouterons plus qu'un seul, extrait du rapport du général Wilson : c'est que la chute rachetée doit être de 8 pieds ($2^m,44$) pour l'une des écluses et de 10 pieds $\frac{1}{2}$ ($3^m,15$) pour l'autre.

Entretien ordinair du haut Missi-sipi

Nous venons de nous occuper des deux grands obstacles qui entravent la navigation du haut Mississipi. Deux bateaux (le Montana et le Caffrey) sont d'ailleurs occupés en permanence, pendant la saison des eaux basses, à draguer sur les hauts-fonds de sable et à extraire des troncs d'arbres échoués. Le général Warren pense qu'un approfondissement d'un pied est tout ce qu'on peut obtenir à l'aide des excavateurs, dans l'étendue de son service, sans des dépenses disproportionnées avec le résultat. Il est d'avis qu'il y aurait lieu d'essayer des chenaux de rétrécissement dans quelques localités.

La circulation, interrompue de bonne heure pour les grands bateaux par les

eaux basses de 1869, fut rétablie et maintenue par l'excavateur Caffrey. Les propriétaires des steamboats en furent si satisfaits qu'ils obtinrent d'adapter à un de leurs bateaux un appareil supplémentaire et de le faire fonctionner à leurs frais entre Keokuk et Saint-Louis. Voilà deux années de suite que ces appareils permettent aux plus grands steamboats de remonter le fleuve jusqu'à Saint-Paul. C'est un succès incontestable.

D'après des études toutes récentes, on pourrait emmagasiner dans des lacs voisins des sources du Mississipi et de ses affluents un volume d'eau suffisant pour assurer en tout temps un tirant d'eau convenable dans le haut Mississipi.

Amélioration de l'embouchure du Mississipi.

Le Mississipi se divise en quatre branches à son embouchure. Celle du Sud-Ouest (South West Pass) est la plus fréquentée; on trouve en général de $4^m,50$ à $4^m,80$ de hauteur d'eau sur la barre: on voudrait porter ce mouillage à $6^m,10$ (20 pieds). Mais on a renoncé à améliorer cette branche ou toute autre d'une façon permanente; on n'a plus d'autre ambition que d'obtenir par des dragages un approfondissement momentané dont la dépense annuelle ne soit pas trop élevée relativement aux avantages ainsi procurés à la navigation.

Au commencement de 1867, un entrepreneur, M. Horace Tiler, s'était chargé à forfait d'ouvrir dans la barre du Sud-Ouest un chenal de 61 mètres de largeur et $5^m,49$ de profondeur et de l'entretenir pendant trois mois. Il se servit à cet effet de deux hélices coniques mises en mouvement par une machine à vapeur. Elles étaient soutenues par une charpente mobile, et leurs axes horizontaux formaient un angle saillant à l'avant du bateau qui les portait. Elles devaient désagréger le sol d'alluvion qui forme la barre et l'entraîner dans les bas-fonds d'amont ou d'aval concurremment avec les courants de marée. Le résultat espéré se produisit partiellement; mais les machines n'avaient pas une force suffisante, et l'entreprise ne put être menée à fin.

L'ingénieur en chef, le général Mac Alester, fit alors construire sur un autre principe un bateau appelé l'*Essayons*, qu'on a fait fonctionner en 1868 et 1869 dans la *Passe à Loutre*. Au mois de juin 1869, on avait réussi à porter la profondeur de 11 pieds 6 pouces à 17 pieds 8 pouces (de $3^m,50$ à $5^m,40$) sur une largeur de 53 mètres. Avec deux bateaux pareils, coûtant chacun 1.375.000 francs de construction, et des dépenses évaluées à 370.000 francs par an, on espère arri-

ver à entretenir un chenal de 6m,10 de profondeur. — Toutefois les ruptures de pièces sont fréquentes; il ne semble pas qu'on soit encore sorti de la période des tâtonnements, et le résultat espéré pourrait bien se faire attendre encore.

Voici quelques chiffres propres à faire apprécier l'intérêt qui s'attache à cette opération.

Durant l'année financière expirée au 30 juin 1869, le nombre des navires à voiles ou à vapeur qui sont arrivés à la Nouvelle-Orléans a été de			1.677
Le nombre des navires partis a été de			1.968
TOTAL			3.635
Tonnage de ces navires			2.582.764t,49
Valeur des importations			58.877.765 fr.
Valeur des exportations.	Produits de l'intérieur	375.644.660 fr.	379.418.950
	Marchandises étrangères	3.774.290	
VALEUR TOTALE			438.296.715
Produit des douanes sur les importations		21.315.925 fr. 70	

On déduit de là qu'une dépense d'entretien évaluée à 625.000 francs environ ne représenterait que 3 pour 100 du produit des douanes.

On a depuis longtemps cherché à limiter au moyen de digues les débordements du bas Mississipi. La première fut construite en 1720 par un ingénieur français, De la Tour, pour protéger la ville naissante de la Nouvelle-Orléans. Les États riverains, sur lesquels le fleuve a déposé des alluvions, sont la Louisiane, l'Arkansas et le Mississipi. La Louisiane couvre les deux rives en aval de l'embouchure de la rivière Rouge et s'élève en outre sur la rive de l'Ouest, où l'Arkansas lui fait suite, en regard de l'État du Mississipi. Les digues ont toujours été rompues, comme sur la Loire, avant que les eaux ne les eussent surmontées, de sorte qu'on n'arrive que par des calculs plus ou moins hypothétiques à déterminer à quelle distance du fleuve et à quelle hauteur il faudrait établir les digues pour qu'elles continssent sûrement toutes les crues possibles.

Digues d du bas con les inon

C'est par des calculs de ce genre que MM. Humphreys et Abbot ont dressé un projet soumis au Congrès en 1861. La guerre qui éclata bientôt après et la ruine des États du Sud empêchèrent qu'on y donnât alors aucune suite; et les digues

existantes, plus mal entretenues que jamais, sont aujourd'hui dans un état déplorable. Le Congrès a repris la question au commencement de 1869, et le lieutenant Abbot, devenu général, a présenté un nouveau rapport qui lui avait été demandé par son ancien collègue, devenu chef du Corps. M. Abbot a estimé la dépense qu'il y aurait à faire dans trois hypothèses, savoir : 1° Pour réparer les digues en leur donnant la hauteur fixée par les trois États intéressés ; — 2° Pour les améliorer en leur donnant, avec cette hauteur, une surépaisseur jugée nécessaire pour en assurer la solidité ; — 3° Pour les remanier complétement suivant le projet de 1861. Il est arrivé aux résultats suivants :

	1re HYPOTHÈSE.	2e HYPOTHÈSE.	3e HYPOTHÈSE.
Pour la Louisiane.	4.000.000	12.650.000	65.100.000
Pour le Mississipi.	7.500.000	7.500.000	20.750.000
Pour l'Arkansas.	9.250.000	14.550.000	95.300.000
TOTAUX.	20.750.000	34.700.000	181.550.000
		237.000.000 fr.	

Si élevés que soient ces chiffres, il est difficile, comme le fait remarquer M. Abbot, de contester qu'il s'agisse ici d'un emploi de fonds parfaitement judicieux. Les terrains qu'on soustrairait ainsi aux dévastations du fleuve et qu'on pourrait mettre en culture représentent au moins, savoir : 2,7 millions d'hectares pouvant produire le meilleur coton qui existe au monde et rendre 2 balles et demie par hectare, — un million d'hectares à planter en cannes à sucre, c'est-à-dire plus du double de ce qu'il en existe maintenant, — 400.000 hectares de terre à blé d'une fertilité de premier ordre et inépuisable. Un impôt d'un *cent* par livre (11 centimes par kilogramme) sur une récolte des seules terres à coton suffirait presque pour payer la dépense des digues qui doivent protéger la vallée tout entière.

B. — LE MISSOURI.

Le cours d'eau le plus considérable du bassin du Mississipi, c'est le Missouri ; c'est lui qui aurait dû garder son nom en aval du confluent. Le parcours sinueux de 4.680 kilomètres qu'il présente en amont excède en longueur le cours du

Mississipi tout entier. Il a généralement la largeur de 900 mètres que nous lui avons vue à Omaha et à Saint-Charles.

Si l'on remonte le cours de cette rivière, en passant en vue des villes de Saint-Charles, de Kansas-City, de Saint-Joseph, d'Omaha et de Sioux-City, on ne cesse pas de traverser des contrées peuplées et cultivées. Mais il n'en est plus de même quand on passe, près de Fort-Randall, de l'État de Nebraska dans le territoire de Dakota. Des bateaux cependant remontent bien plus haut; ils remontent jusqu'à Fort-Benton, au pied des montagnes Rocheuses, sur le territoire de Montana. Pour arriver à Fort-Benton on quitte la vallée proprement dite du Mississipi et l'on parcourt 400 milles (6 à 700 kilomètres) sur de hauts plateaux. On a quinze rapides à franchir. Ce sont d'ailleurs les seuls obstacles permanents qui gênent la navigation au-dessus de Fort-Randall, tandis que dans la plaine, depuis ces rapides jusqu'à l'embouchure du Missouri, le lit du fleuve est fréquemment obstrué de bancs de sable et hérissé de troncs d'arbres, de cotonniers surtout, arrachés aux rives. La vitesse du courant, qui est de 5 kilomètres à l'heure en moyenne, s'élève à 8 ou 10 kilomètres en temps de crue : les eaux attaquent alors même les rives rocheuses, des blocs s'écroulent pêle-mêle avec des amas de sable et de vase, le lit s'obstrue et la rivière se déplace parfois de plusieurs kilomètres en quelques semaines sur une rive ou sur l'autre.

Avec un régime pareil, il ne faut pas songer à une amélioration permanente de la navigation. Mais on peut faire comme sur le Mississipi, sur le Minnesota, sur l'Arkansas, draguer en temps opportun sur les hauts-fonds et surtout extraire les troncs d'arbres échoués. C'est ce que l'on fait dans une certaine mesure; et les ingénieurs surveillent attentivement les besoins changeants du commerce, pour reconnaître l'étendue des sacrifices qu'ils doivent proposer de faire sur cette voie de communication qui a son rôle à jouer dans l'œuvre de la colonisation entière du continent.

Les transports à la remonte, au-dessus de Sioux-City, ont surtout pour objet d'approvisionnor les forts et stations militaires, les mineurs du Montana et les Indiens du Nord. Les bateaux au retour rapportent des peaux, des fourrures, de l'or, de l'argent et du cuivre. Ils transportent aussi des voyageurs; ils en ont

transporté 10.000 environ en 1869, allant au Montana ou en revenant; le prix étant de 750 francs par personne, cela fait un produit de 7.500.000 francs. Les bateaux partent de Saint-Louis pour Fort-Benton vers la fin du mois de mars; quelques-uns ont le temps de revenir et de faire un second voyage avant que les glaces n'interrompent de nouveau la navigation. Pour que ce second voyage fût assuré, il suffirait qu'on améliorât le haut-fond de Dauphin, le dernier qu'on rencontre en montant. 43 steamboats sont partis de Saint-Louis en 1867 à destination de Fort-Benton.

On peut aujourd'hui gagner le territoire de Montana par le chemin de fer du Pacifique, qu'un service de voitures met en correspondance avec les contrées minières du Nord. Si quelques voyageurs se préoccupent de la rencontre éventuelle des Indiens, la grande majorité cherche la route la plus courte et la plus rapide en acceptant les risques qui s'y attachent. Mais pour revenir du Montana au printemps ou en été, les bateaux du Missouri iront presque aussi vite et seront un moyen de transport à la fois plus sûr et plus agréable.

C. — WISCONSIN.

Un petit steamer, muni de tous les engins nécessaires, parcourt le Wisconsin depuis son embouchure jusqu'à Portage-City et débarrasse cette rivière des troncs d'arbres échoués ainsi que des arbres penchés sur les rives. Mais le plus grave obstacle que la navigation rencontre, ce sont quatre ponts de chemins de fer et trois ponts de routes ordinaires. Les travées sont étroites et obstruées de sable; il faudra construire en amont des digues longitudinales évasées pour en provoquer le dégagement; il faudra même, suivant le général Warren, que les ponts soient finalement reconstruits. Du reste, il est question d'améliorer la rivière d'une façon radicale soit en substituant quelques dérivations aux parties les plus mauvaises, soit même en construisant un canal latéral. Adoptera-t-on pour le mouillage normal 4, 5 ou 6 pieds? La question est à examiner.

Cette question se lie à celle d'un canal à point de partage qui réunirait le Wisconsin avec le Fox-River, affluent d'une baie dépendante du lac Michigan (*Green Bay*, la baie Verte). On créerait ainsi une voie de transit entre le Mississipi et les Grands Lacs. Mais il est peu probable que cette voie puisse prendre beaucoup

d'importance, faisant en quelque sorte double emploi avec le canal de l'Illinois au lac Michigan. Elle serait d'ailleurs d'un parcours bien moins avantageux, car le lac est à 96 mètres en contre-bas du col qui réunit les deux vallées du Wisconsin et du Fox-River[1].

D. — L'ILLINOIS ET LE CANAL DE JONCTION DE CETTE RIVIÈRE AU LAC MICHIGAN.

L'*Illinois and Michigan Canal*, que nous avons plusieurs fois déjà mentionné, n'a que 128 kilomètres de longueur. Il commence à la rivière de Chicago, à 6 kilomètres du centre de la ville, et aboutit à l'Illinois. Celui-ci, canalisé jusqu'à la Salle, sur 27 kilomètres de longueur, se développe librement ensuite sur une longueur de 358 kilomètres, dans la direction du Sud-Ouest, jusqu'à ce qu'il se perde dans le Mississipi, à une trentaine de kilomètres en amont de Saint-Louis.

Historique de l'établissement du canal.

L'établissement du canal était tout indiqué par la nature des lieux; et très-peu de temps après que l'État d'Illinois fut constitué, il se préoccupa des moyens de le construire. Dès l'année 1822, le Congrès autorisait cet État à tracer le canal à travers les terres domaniales de l'Union en y affectant une zone de 30 mètres de largeur. En 1827, il céda en outre gratuitement moitié des lots de terre

[1] C'est de la baie Verte que partirent, en 1673, le père Marquette, missionnaire jésuite, et Joliet, bourgeois de Québec, envoyés en reconnaissance du côté de l'Ouest par le gouverneur français du Canada. Ils remontèrent le Fox-River dans des canots qu'ils portèrent ensuite, sur une distance de 2 à 3 kilomètres, à travers un marécage suivi d'une prairie. Réembarqués sur le Wisconsin, ils entrèrent le 17 juin dans le Mississipi, près de l'endroit où est aujourd'hui la ville de *Prairie-du-Chien*. Ils descendirent le fleuve jusqu'à l'embouchure de l'Arkansas (à 1.100 kilomètres de la mer), puis rétrogradèrent et revinrent par la rivière des Illinois au lac Michigan, qu'ils avaient quitté quatre mois auparavant. Ils s'étaient ainsi assurés que la mystérieuse rivière dont on entendait parler vaguement aux Indiens aboutissait au golfe du Mexique. C'est de ce périlleux voyage que date véritablement la découverte du Mississipi.

Neuf ans plus tard, Cavelier de la Salle (né à Rouen en 1643) recommença l'expédition. Il avait déjà découvert l'Ohio en 1670, il avait descendu cette rivière jusqu'aux chutes de Louisville. S'éloignant du lac Michigan par la rivière de Chicago, il gagna l'Illinois, puis le Mississipi, qu'il descendit jusqu'à son embouchure. Le 9 avril 1682, en vue du golfe du Mexique, il prenait solennellement possession, au nom de la France, du cours entier du fleuve, de tous ses affluents, de tous les pays qu'ils arrosent et qu'il baptisa du nom général de Louisiane.

C'est de là que date l'histoire des beaux États du centre actuel de l'Union américaine. Les exploits de la Salle luttant avec une poignée d'hommes contre les sauvages, contre les maladies, contre la faim, sont passés à l'état légendaire sur les rives du Mississipi. On a donné son nom à deux villes du Texas et de l'Illinois, on l'a donné à une des rues centrales de Chicago; on le retrouve à New-York attaché à un établissement d'éducation et à une société littéraire qui datent, l'un de 1849 et l'autre de 1865. Ce nom, populaire en Amérique, a-t-il gardé chez nous la notoriété qu'il mérite? tenons-nous en assez haute estime la tradition de ces aventuriers héroïques qui, au seizième et au dix-septième siècle, portèrent dans le nord et le centre du continent américain, avec le drapeau de la France, les premiers rayons de la civilisation? Cette portion de notre patrimoine d'honneur national, ne la laissons-nous pas dépérir?

figurés sur les deux rives jusqu'à 5 milles (8 kilomètres) de distance. C'était déjà le mode de subvention territoriale qui fut voté quarante ans plus tard pour faciliter la construction du chemin de fer du Pacifique; la zone n'était que de 5 milles au lieu de 20; mais quelle différence de valeur entre les landes stériles du Wyoming, de l'Utah, du Nevada, et les superbes plaines de l'Illinois! Une commission administrative fut chargée en 1824 de créer, par la vente de ces terres, les ressources nécessaires à l'exécution du canal.

Cinq projets avaient été soumis à la Législature dès 1825. Cependant les travaux ne furent commencés qu'en 1836. Ils marchèrent avec assez d'activité jusqu'en 1841; mais le manque d'argent les fit ralentir alors; on les suspendit complétement en 1843. On avait déjà dépensé environ 25 millions de francs. L'État négocia un nouvel emprunt de 8 millions; et on modifia le projet du bief de partage de manière à diminuer la dépense qui restait à faire. — Le projet primitif supposait qu'on couperait horizontalement à partir de Chicago, sur 54 kilomètres de longueur, le faîte qui sépare le lac Michigan de la vallée de l'Illinois; mais on se résigna (comme nous l'avons dit) à créer un bief de partage de 43 kilomètres de longueur à 9 pieds ($2^m,75$) plus haut. Ce bief commence à l'écluse de Lockport, sur la branche méridionale de la rivière de Chicago. — Les travaux furent repris en 1845, et le 23 avril 1858 on vit arriver à Chicago le premier bateau qui eût parcouru le canal dans toute sa longueur.

Le canal en 1870.

Quand nous le visitâmes au mois d'août 1870, il n'avait subi aucun changement. — La cuvette a $10^m,98$ de largeur au fond et $18^m,30$ à la surface de l'eau. Il y a 17 écluses de $33^m,55$ de longueur, $5^m,49$ de largeur et une chute variable de $1^m,06$ à $3^m,81$. Le mouillage normal est de 6 pieds ($1^m,83$); mais par le défaut d'entretien il s'est réduit, au moins dans le bief de partage, à 4 pieds environ.

Ce bief est alimenté en temps ordinaire par une rigole de 26 kilomètres dérivée de la *rivière des Plaines* (un des deux cours d'eau dont la réunion forme l'Illinois). Mais pendant l'été il faut pourvoir à l'alimentation avec de l'eau puisée à Lockport dans la rivière de Chicago. La machine élévatoire que nous avons vue fonctionner est une grande roue à augets de $9^m,16$ de diamètre et $2^m,10$ de large, mue par une machine à vapeur et fournissant un demi-mètre cube d'eau environ par seconde.

Le canal n'a du reste pas encore fonctionné comme voie de transit entre le bassin du Mississipi et celui du Saint-Laurent; son trafic s'est borné à quelques transports locaux. Mais deux faits récents sont venus rouvrir la perspective plus grandiose en vue de laquelle il a été originairement conçu. Pro ets d'amélioration

Le Congrès a pris en main la question du transit à établir : des études ont été prescrites le 2 mars 1867. Elles n'embrassaient pas explicitement le canal actuel; mais il a été reconnu qu'aucun tracé n'était préférable à celui-là et qu'il y avait intérêt à utiliser, au moins en partie, les travaux existants. D'après le projet présenté par le général Wilson le 17 décembre 1867, on porterait la largeur de la cuvette à 160 pieds (48^{m},80) et la profondeur d'eau à 6 pieds (1^{m},83) pour le plus bas étiage du lac Michigan (dont le niveau varie surtout par l'effet du vent); cette profondeur serait en moyenne de 7 à 8 pieds (de 2^{m},13 à 2^{m},44). Les écluses auraient 356 pieds (109 mètres) de longueur entre les portes et 75 pieds (22^{m},87) d'ouverture. Ce sont là les dimensions qui conviennent aux plus grands steamboats du Mississipi et de ses principaux affluents. Ces bateaux en effet sont tous construits avec des plates-formes en encorbellement, de telle sorte que, la coque ayant 45 pieds seulement de largeur (13^{m},72), la largeur totale hors œuvre est de 75 pieds. Prenant cette largeur comme un maximum et supposant une profondeur de 6 pieds $\frac{1}{2}$ (1^{m},98), la largeur à donner à la surface de l'eau pour que le bateau se meuve comme dans un fluide indéfini serait théoriquement de 202 pieds (61^{m},61) et la section transversale de 1.898 pieds carrés (190 mètres carrés); cependant le général Wilson s'en tient à 160 pieds, dimension qu'il considère comme suffisante, non-seulement pour les bateaux de commerce, mais aussi pour les canonnières qu'il peut être utile d'envoyer rapidement sur les lacs du Nord *en cas d'agression de la part de l'Angleterre.*

Il n'est pas question d'exécuter en ce moment ce projet de transformation radicale. Mais la ville de Chicago, qui en attend une amélioration considérable pour le service de ses égouts, s'est mise à réaliser elle-même les changements qui l'intéressent à ce titre spécial. — Les eaux de la rivière de Chicago sont complétement souillées par les détritus de l'industrie et les déjections de toutes sortes qu'engendre nécessairement une agglomération de 300.000 habitants; ces matières que la rivière charrie ont infecté le bord du lac sans que l'intérieur

de la ville en fût assaini : il est devenu indispensable de remédier à cette insalubrité croissante. Dans ce but, on rase le bief de partage du canal, et on en fait un exutoire pour les eaux sales de la rivière, que suivront désormais des eaux empruntées au lac Michigan. Il va sans dire que l'égout collecteur ira déboucher dans le canal en un point assez éloigné pour que les germes d'infection qu'il y portera ne présentent pas d'inconvénients sérieux.

Une commission municipale dirige et surveille les travaux. Cette commission a bien voulu nous admettre à faire avec elle, sur une petite embarcation à vapeur, sa tournée d'inspection annuelle. — Les travaux consistent surtout en dragages qu'on opère dans un sol de marne grise. Les déblais sont déposés en cavaliers à l'extérieur des digues. On y emploie 19 dragues à cuiller. Une drague à chapelet et une drague de Morris et Cumings fonctionnaient en même temps. Nous avons vu en outre un *Chisel-boat* employé à percer le rocher sous l'eau ; cependant on comptait retirer l'eau du canal pour faciliter le déblai des parties rocheuses. Les travaux d'approfondissement devaient être, aux termes du cahier des charges, terminés pour le 1er mai 1871.

Amélioration de l'Illinois.

Comme complément de l'agrandissement du canal de l'Illinois au lac Michigan, ou plutôt comme amélioration préalable et plus urgente, se présentent des travaux à exécuter sur la rivière en aval de La Salle. On y rencontre un certain nombre de hauts-fonds sur lesquels il y a moins de 3 pieds d'eau en étiage. Cinq barrages éclusés de 2 mètres de chute et 170 mètres de longueur, pouvant coûter 2 millions de francs chacun, suffiraient pour canaliser le cours entier de la rivière, de telle façon qu'elle eût au moins 7 pieds d'eau ($2^m,13$) partout et en tout temps.

Ces travaux paraissent devoir s'exécuter dans un assez court délai.

E. — L'OHIO.

Par les deux cours d'eau qui sont comme ses deux racines, l'Ohio plonge dans le pays du pétrole et dans celui du charbon bitumineux. Il traverse en quittant Pittsburg la contrée la plus manufacturière des États-Unis ; puis, sorti de la Pennsylvanie, il se développe dans les régions d'élevage et de grande culture, arrosant d'un côté les États d'Ohio, d'Indiana et d'Illinois, de l'autre la Virginie

occidentale et le Kentucky. La distance de Pittsburg à Cairo suivant le cours de la rivière a été très-exactement mesurée en 1869 : elle est de 967 milles.

L'Ohio est encore une de ces rivières qui exigent un service permanent d'extraction pour les troncs d'arbres ou les coques de navires échoués et plus ou moins enterrés dans le sable. Puis il y a des hauts-fonds de sable à travers lesquels on cherche, non sans provoquer parfois les réclamations des riverains, à améliorer les chenaux par des dragages combinés avec des digues longitudinales en pierres sèches : ainsi à Weeling, à Marietta, et plus loin entre Cincinnati et Louisville. Le grand obstacle naturel à la navigation de l'Ohio, ce sont des *Chutes* voisines de Louisville, des rapides qui, sur 5 kilomètres environ de longueur, présentent une pente totale de 8 mètres. Pendant 300 jours moyennement par année ces rapides sont infranchissables : on les évite en empruntant le canal latéral de Louisville à Portland.

Ce canal a été construit dès 1830 par une Compagnie particulière ; il a une longueur de 3 kilomètres, une largeur de cuvette de 64 pieds ($19^m,52$), trois écluses de 61 mètres de longueur, $15^m,25$ de largeur et $2^m,64$ de chute. La Compagnie a entrepris de le reconstruire sur de beaucoup plus grandes dimensions ; mais les travaux sont restés inachevés faute de fonds. Le Congrès paraît disposé à les reprendre dans un intérêt général.

Le 29 mars 1867, les deux Chambres avaient demandé, savoir : 1° l'étude d'un canal contournant les Chutes de l'Ohio du côté de l'État d'Indiana, accessible aux navires et pouvant répondre à tous les besoins commerciaux et militaires du pays ; — 2° une estimation des travaux restant à faire pour compléter, du côté du Kentucky, le canal actuel de Louisville à Portland suivant le projet d'agrandissement que la Compagnie était en train d'exécuter. En réponse à cette demande, le général Weitzel a fourni, le 8 février 1868, une étude très-approfondie et notamment un rapport qui figure dans la collection des documents parlementaires.

L'une des questions examinées est celle des dimensions à donner au nouveau canal. Suffira-t-il de donner aux écluses $106^m,75$ de longueur et $24^m,40$ d'ouverture, dimensions qu'on donne au nouveau canal de Louisville ? ou bien faudra-t-il porter la longueur à 122 mètres et l'ouverture à $33^m,50$? Une réunion

de propriétaires de bateaux et de mariniers, convoquée à Cincinnati, a demandé formellement ces dernières dimensions avec 1^{m},83 de profondeur d'eau minimum. Suivant le général Weitzel, il faudrait donner au moins 122 mètres et 30^{m},50.

On évalue ainsi qu'il suit les charges totales que le commerce a eu à subir de 1830 à 1867 par suite de l'existence des chutes de l'Ohio :

Droits perçus sur le canal de Louisville..	21.339.890 fr.
Réparation d'avaries subies par les bateaux dans la traversée du canal..	8.660.110
Frais de transbordements accidentels à Louisville et à Portland..	45.000.000
Total..	75.000.000 fr.

Un premier crédit a été voté par le Congrès en 1869.

F. — LE TENNESSEE.

Cette rivière a 850 kilomètres de parcours de Chattanooga à son embouchure dans l'Ohio. Elle est formée par la réunion de plusieurs cours d'eau qu'on pourrait rendre en partie navigables, de manière à créer un réseau spécial de 2.000 kilomètres environ. On pourrait d'ailleurs relier ce réseau par un canal de 72 kilomètres avec un affluent direct du golfe du Mexique et par un autre canal de 64 kilomètres avec le versant de l'Atlantique. — Le besoin de transports à bon marché se fait de plus en plus sentir dans ces contrées par suite de la substitution de la culture des céréales à celle du coton.

Le principal obstacle à la navigation consiste en des bancs de roches qui se rencontrent sur plusieurs points, notamment ceux de *Big-Muscle*, à 45 kilomètres en aval de Decatur. Ce rapide présente sur une longueur de 24 kilomètres une pente totale de 26 mètres. Les eaux s'y étalent sur des bancs horizontaux de rocher siliceux très-dur, dont l'épaisseur varie de 0^{m},30 à 0^{m},90 et qui forment une série de chutes ou petites cascades. En basses eaux il n'y a pas de chenal à proprement parler : le plus léger bateau plat ne peut descendre sans employer des rouleaux. Les crues ne dépassent pas 1^{m},52 sur ce point, tandis qu'elles

atteignent 15^{m},25 à Chattanooga. En hautes eaux la vitesse du courant varie de 5 à 10 milles à l'heure (de 2^{m},23 à 4^{m},46 par seconde).

Ce rapide et d'autres ne peuvent être améliorés qu'à l'aide de dérivations. Le général Weitzel a fourni des projets. Mais les allocations restreintes du Congrès sont appliquées à des travaux moins dispendieux.

III. — BASSIN DE L'ATLANTIQUE.

Parmi les fleuves des États-Unis qui débouchent dans l'Atlantique, on en cite douze pour lesquels il y a des améliorations projetées ou en cours d'exécution. Huit appartiennent aux États de la Nouvelle-Angleterre (les six États situés au nord-est de celui de New-York); les autres fleuves sont le Saco, l'Hudson, la Susquehanna et le Patapsco. Les améliorations ne portent que sur la partie maritime et sont faites surtout dans l'intérêt du cabotage; aussi ne s'étendent-elles qu'à une très-petite distance du littoral : l'Hudson seul fait exception, comme nous l'avons indiqué déjà dans l'Introduction de ce rapport.

La profondeur d'eau qu'on cherche à obtenir varie de 10 à 14 pieds (de 3^{m} à 4^{m},20). Si l'on excepte le Saco (État du Maine), la Susquehanna (Maryland) et l'Hudson, les travaux ne consistent qu'en dragages.

On construit à l'embouchure du Saco une jetée destinée à rectifier et à approfondir le canal d'accès. Elle s'élève à 3 mètres au-dessus des basses mers, à 0^{m},30 au-dessus des hautes mers. Elle a 6 mètres d'épaisseur moyenne et avait déjà 1.200 mètres de longueur en juin 1849. Elle est battue par de grosses mers. Jetée du S

Un canal latéral, établi sur la rive Sud de la Susquehanna pour contourner les rapides de la partie maritime, débouche dans ce fleuve au Havre-de-Grâce. En aval et sur trois kilomètres de longueur se trouve un haut-fond dans lequel on avait ouvert à la drague un chenal de 30 mètres de largeur et 2^{m},44 de profondeur; ce chenal disparut complétement. On pensa alors qu'il convenait, pour le maintenir, d'établir une digue de rétrécissement ou de déviation; mais, la direction paraissant difficile à fixer *a priori*, on résolut de procéder par voie d'expérimentation en ne construisant d'abord qu'un guide-eau mobile. Guide-eau à l'entr de la Susque

Ce guide-eau était formé d'une file de radeaux reliés les uns aux autres par

des chaînes et portant chacun une rangée de palplanches qui n'étaient enfoncées dans le sable que de la quantité nécessaire pour roidir la file de radeaux; ceux-ci d'ailleurs étaient amarrés à trois *cribs* ou coffrages garnis d'enrochements. On devait emmener et garer les radeaux pendant l'hiver et les replacer au printemps. — Au mois de novembre 1868, une tempête coïncidant avec une crue du fleuve rompit le guide-eau en plusieurs parties. Il n'avait fonctionné qu'une semaine. Ce temps avait toutefois suffi pour que les ingénieurs constatassent qu'il produisait l'effet désiré. En conséquence, ils ont proposé d'établir une digue définitive, mais discontinue, en cribs isolés, laissant entre eux des vides égaux à deux ou trois fois leur largeur. Le sommet de ces cribs serait constamment noyé, de façon qu'ils fussent à l'abri des glaces et des bois flottants. — En attendant, on a repris les dragages dans le chenal inférieur. Ils ont été adjugés au prix de 1 fr. 67 le mètre cube.

L'Hudson. La marée remonte dans l'Hudson jusqu'à Albany, à 650 milles (241 kilomètres) de New-York et même jusqu'à Troy, qui est à 10 kilomètres environ plus haut. A Troy est un barrage qui, en surélevant les eaux, forme un bassin dans lequel débouche le canal Érié. Le fleuve est ainsi le prolongement du canal, ce qui ajoute beaucoup à l'importance du trafic local auquel il concourt.

La marée la plus faible, qui est de 4 pieds $\frac{1}{2}$ ($1^{m},35$) à New-York, est encore de $1^{m},07$ à New-Baltimore, de $0^{m},74$ à Albany et de $0^{m},53$ à Troy. Il y a trente ans, les steamboats ne remontaient pas plus haut que New-Baltimore, à 19 kilomètres en aval d'Albany. Aujourd'hui ils remontent avec un tirant d'eau de 9 pieds et même 9 pieds $\frac{1}{2}$ ($2^{m},85$) jusqu'à Albany. Des bateaux plus petits remontent jusqu'à Troy. — Les plus grands steamboats qui naviguent sur le fleuve tirent 10 pieds ($3^{m},05$).

C'est encore entre New-Baltimore et Troy que sont concentrés presque tous les travaux d'amélioration projetés et dont la dépense était estimée en 1870 à 4 millions de francs environ.

Un avant-projet de ces travaux avait été présenté le 9 novembre 1866 par le général Newton. Une commission d'ingénieurs fut nommée, suivant l'usage, pour examiner le projet sur place avec son auteur. La Commission était composée ainsi qu'il suit :

Le brigadier général Hartman Bache, colonel au corps des ingénieurs ;
Le brigadier général Henry Brewerton, id. id.
Le major général John Newton, lieutenant-colonel id.
Le brigadier général H. L. Abbot, major id.

Le lieutenant-colonel John M. Wilson, capitaine du génie, qui est installé à Albany comme ingénieur *résident* (ingénieur ordinaire), fut désigné pour remplir les fonctions de secrétaire. La Commission se réunit à Albany en mai 1867; elle explora la rivière d'Albany à New-Baltimore, puis d'Albany à Troy, sur le steamboat *Seneca*, le même qui nous servit en 1870, grâce à la courtoisie du général Newton, pour faire la même excursion[1]. La Commission approuva l'avant-projet (légèrement modifié) en en résumant ainsi qu'il suit les principes essentiels :

1° On établira des digues longitudinales assez rapprochées pour que le double courant de flux et de reflux maintienne le chenal libre. Ces digues se rapprocheront graduellement en montant de New-Baltimore vers Troy, de manière à faciliter l'accès et à augmenter la hauteur du courant de flot. Leur sommet sera réglé à peu près au niveau de la haute mer, les crues du fleuve se déversant par-dessus; toutefois le niveau exact ne sera déterminé qu'après constatation des résultats de l'expérience, à mesure que les travaux s'avanceront.

2° On fera tous les dragages nécessaires à l'ouverture des chenaux; on ne comptera sur le courant que pour une action progressive et ménagée, de peur qu'il ne se forme en aval des chenaux des dépôts dangereux.

3° On conservera autant que possible les réservoirs latéraux dans lesquels le flot peut pénétrer par des ouvertures ménagées dans les digues, afin d'augmenter le volume d'eau du courant de jusant.

4° On logera les produits de dragage de façon à ce qu'ils ne puissent être ramenés par le courant dans le chenal.

5° Les digues seront construites en bois et en pierres de façon à concilier pour le mieux la solidité avec l'économie; elles varieront dans les détails avec les localités, suivant l'appréciation de l'ingénieur du service, mais elles devront être construites de manière à pouvoir être exhaussées si cela est nécessaire.

[1] *Le Seneca* avait arboré le drapeau tricolore à côté de l'étendard étoilé de l'Union américaine.

6° On protégera les berges par des revêtements contre la corrosion des eaux partout où cela sera utile.

7° On tracera des alignements limitant les anticipations des riverains et que l'ingénieur du service sera chargé de surveiller.

Dans un compte rendu annuel, adressé au Chef de l'administration le 10 septembre 1868, le général Newton donne quelques exemples des applications qu'il a déjà faites des principes posés ci-dessus. Des digues antérieurement construites par l'État de New-York sont devenues un grand embarras à raison de la manière dont elles ont été placées; il faudra en enlever une partie. Entre Albany et Troy notamment, on a inconsidérément rétréci la rivière; c'est une décision grave que de lui rendre sa largeur primitive; mais si on ne le fait pas, il faut se résoudre à dépenser au moins 100.000 francs par an en dragages. L'ingénieur en chef exprimait dans ce rapport un vif regret qu'on eût laissé construire à Albany un pont de chemin de fer qui a huit piles en maçonnerie dans la rivière. « Il est probable, disait-il, que les habitants d'Albany ne se sont pas opposés à la construction de cet ouvrage, supposant que, quel que fût le préjudice ainsi causé à la ville de Troy, Albany ne s'en trouverait pas plus mal. Mais les obstacles que l'on crée au courant de flot dans les rivières à marée sont comme une épée à deux tranchants, qui coupe des deux côtés : en diminuant le volume de l'eau qui se portait en amont du pont, on a diminué le courant qui entretenait la profondeur du chenal en aval. L'amélioration du fleuve sur ce point doit tendre à envoyer le courant de flot aussi haut que possible, et le pont actuel est un puissant obstacle qui s'y oppose. On pouvait aisément construire un pont tubulaire ou suspendu qui n'eût pas obstrué la rivière... »

On donne aux chenaux dragués une largeur de 300 pieds (91^{m},50) et une profondeur de 11 pieds (3^{m},35) à marée basse.

Les digues que préfère le général Newton sont formées d'un massif de pierres sèches maintenu du côté du chenal par une file de pieux mi-jointifs et de l'autre côté par des pieux plus petits espacés de 1^{m},50 à 3 mètres suivant le prix relatif de la pierre et du bois. Sur un fond de rocher on emploie des crib-works. On a supprimé comme inutile un dispendieux pavage en gros moellons équarris dont étaient recouvertes les anciennes digues construites par l'État de New-York.

IV. — BASSIN DU SAINT-LAURENT.

Le bassin du Saint-Laurent a pour nous un grand intérêt historique. Il correspond à peu près à ce qu'on appelait *la Nouvelle-France* il y a deux siècles, à l'apogée du règne de Louis XIV. Nos missionnaires l'avaient parcouru en tous sens, ils avaient teint de leur sang les rives des cinq Grands Lacs, alors que les plus hardis pionniers de la Hollande et de l'Angleterre n'avaient pas encore franchi la chaîne des Alleghanys.

Dans l'exposé qui va suivre, nous nous occuperons d'abord de la grande ligne navigable du lac Supérieur à l'Océan, la considérant dans son ensemble. Puis nous passerons successivement en revue les ports de la rive américaine, les rivières et canaux qui servent de traits d'union entre quatre des cinq lacs, et le fleuve Saint-Laurent. Nous parlerons en dernier lieu de la ligne navigable qui relie le Saint-Laurent à l'Hudson.

A. — LIGNE NAVIGABLE DU LAC SUPÉRIEUR A L'OCÉAN.

Le lac Huron, qui reçoit à la fois les eaux du lac Supérieur et du lac Michigan, communique directement avec celui-ci par le détroit de Michilli-Mackinac ; mais les eaux du lac Supérieur ne lui arrivent qu'en passant par le *sault* et la rivière Sainte-Marie. Des chaînons du même genre unissent le lac Huron, à son extrémité Sud, avec le lac Érié, et celui-ci avec le lac Ontario. Laissant un moment de côté le lac Michigan, si l'on embrasse la ligne navigable qui commence à *Fond-du-Lac* et finit à l'Océan, on trouve les subdivisions et les longueurs indiquées par le tableau suivant : Subdivisions.

			LONGUEUR. kilom.	ALTITUDE. mètres.
Lac Supérieur			627,6	183
Rivière Sainte-Marie	Partie en amont du canal du Sault Sainte-Marie	11,5	88,6	
	Canal	1,7		
	Partie en aval	75,6		
Lac Huron			434,5	176
		A REPORTER	1.150,7	

			LONGUEUR. kilom.	ALTITUDE. mètres.
		REPORT.	1.150,7	
Du lac Huron au lac Érié.		Rivière Saint-Clair. 53,1	122,3	
		Lac Saint-Clair. 40,2		
		Rivière de Détroit. 29,0		
Lac Érié.			373,3	172
Canal Welland (parallèle au Niagara).			43,4	
Lac Ontario.			273,6	71
Fleuve Saint-Laurent.	Du lac Ontario à Montréal.	De Kingston à Prescott (ou Ogdensburg). . . . 95,0	286,4	
		De Prescott au rapide des Galops. 11,9		
		Canal des Galops (rachetant les trois rapides des Galops à la pointe Iroquois). 12,3		
		De la pointe Iroquois au rapide Flat. 7,2		
		Canal du rapide Flat. 6,4		
		Du rapide Flat au rapide de la pointe Farran. 16,9		
		Canal de la pointe Farran. 1,2		
		De la pointe Farran au débarcadère de Dickinson. 8,0		
		Canal de Cornwall (rapide de Long Sault). . . 18,5		
		Lac Saint François. 52,7		43
		Canal de Beauharnois. 18,1		
		Lac Saint-Louis. 24,5		18
		Canal de la Chine. 13,7		
	De Montréal à Québec.	De Montréal à Trois-Rivières, point où la marée cesse. 138,4	257,5	
		De Trois-Rivières à Québec. 119,1		
Golfe Saint-Laurent.			1.329,2	
		DISTANCE TOTALE.	3.836,4	

Ajoutons tout de suite que de Liverpool au détroit de Belle-Ile (point de jonction du golfe Saint-Laurent avec l'Océan), au nord de l'île de Terre-Neuve, la distance est de 2.234 milles marins ou 4.137 kilomètres.

Navigation artificielle.

Sur la longueur de 3.836 kilomètres comprise dans le continent américain, il n'y a que 114 kilomètres de navigation artificielle. Il a fallu creuser des dérivations pour tourner le Sault Sainte-Marie, puis la célèbre chute et les *rapides* du Niagara, enfin les *rapides* du Saint-Laurent en amont de Montréal. Cela fait huit canaux. Les dimensions essentielles en sont indiquées dans le tableau suivant :

	LONGUEUR DU CANAL.	ÉCLUSES.			CHUTE TOTALE DES ÉCLUSES.	MOUILLAGE.	LARGEUR DU CANAL	
		NOMBRE.	LONGUEUR	LARGEUR.			AU FOND.	A LA SURFACE.
	kilom.		mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.
Canal du Sault Sainte-Marie. . .	1,7	2	106,75	21,35 18,60	5,49	3,25	»	»
Canal Welland (ligne principale).	43,4	1 24 2	70,15 45,75 61	13,70 8,08 13,72	100,65	3,12	»	»
Canal des Galops.	12,3	3	61	13,72	4,76	2,75	15,25	27,45
Canal du Rapide Flat.	6,4	2	61	13,72	3,50	2,75	15,25	27,45
Canal de la Pointe Farran. . . .	1,2	1	61	13,72	1,22	2,75	15,25	27,45
Canal de Cornwall.	16,9	7	61	16,77	14,64	2,75	30,50	45,75
Canal de Beauharnois.	18,1	9	61	13,72	25,16	2,75	24,40	36,60
Canal de la Chine.	13,7	5	61	13,72	14,62	2,75 4,88	24,40	36,60
TOTAUX.	113,70	56			170,04			

Le lac Supérieur, dont la profondeur moyenne est évaluée à 275 mètres, ne s'élève qu'à 183 mètres au-dessus du niveau de la marée à Trois-Rivières (Saint-Laurent).

La chute totale, rachetée par les 56 écluses, est de 170^{m},04, ce qui fait 3 mètres en moyenne. Mais la chute moyenne, qui est de 3^{m},73 pour les 27 écluses du canal Welland, n'est que de 2^{m},39 pour les 29 autres.

Le tonnage des plus forts navires qui peuvent franchir ces canaux est, savoir :

Pour le canal du Sault Sainte-Marie. . . . . 2.000 tonnes.
Pour le canal Welland. 400
Pour les canaux du Saint-Laurent. 600

Ces deux derniers nombres, adoptés il y a trente ans pour les canaux du Canada, ne sont plus en rapport avec les besoins de la navigation. Il y aurait une grande économie à ce que le chargement fût porté à 1.000 tonnes. Les plus grands navires qui font le service de Chicago à Buffalo portent 900 tonnes.

Mouvement commercial.

Le mouvement principal a lieu à la descente et consiste surtout en céréales (blé, maïs, orge, avoine, pois, farine, ...) que les États de l'Ouest (l'Iowa, l'Illinois, l'Indiana, l'Ohio) envoient soit aux États de l'Est, soit en Europe. Les bateaux emportent également des bestiaux (porcs, bœufs, moutons); mais c'est une branche de trafic que les chemins de fer leur disputent vivement. Ces divers

produits arrivent par des navires à voiles ou à vapeur à différents ports du lac Érié, du lac Ontario ou du Saint-Laurent, mais surtout à Buffalo et à Oswego, où aboutissent les deux branches principales du canal Érié. Il y a là en grand nombre des appareils ingénieux et des bâtiments spéciaux disposés pour transborder, comme aussi pour emmagasiner et conserver les marchandises. Les bateaux des lacs trouvent à prendre en retour, à Buffalo et à Oswego, du fer, de l'acier, des soies, des cotons, de la vaisselle, etc.; peu d'entre eux ont à revenir sur lest. Chicago est de beaucoup le port d'expédition le plus important. Mais bien d'autres se créent ou se développent sur les rives des différents lacs. C'est à Fond-du-Lac que doit aboutir le chemin de fer du Pacifique du Nord : la distance de ce point à New-York, par le canal Érié et la rivière Hudson, est de 2.400 kilomètres.

Ce chapelet de lacs et le grand fleuve qui le prolonge forment sur une grande distance la frontière des États-Unis et du Canada. Très-correcte au point de vue géographique, cette frontière est moins satisfaisante pour les États-Unis au point de vue politique et militaire, et l'on peut s'étonner que la péninsule comprise entre les trois lacs Huron, Érié et Ontario n'appartienne pas à l'Union fédérale. Le Canada possède toute la rive gauche, sauf une certaine portion du lac Supérieur à l'extrémité d'amont; les États-Unis possèdent toute la rive droite jusqu'au point où le Saint-Laurent passe au nord du 45e parallèle, à l'embouchure du canal de Cornwall. Complétement maître de la partie inférieure du fleuve, le Canada voudrait bien retenir dans le bassin du Saint-Laurent, au profit des ports de Montréal et de Québec, une fraction plus importante du courant commercial qui s'en détourne pour se diriger vers New-York, Boston et Portland (Maine); de grands projets viennent d'être étudiés dans ce but : ils tendent à un remaniement général des voies navigables du *Dominion* (Confédération canadienne).

B. — PORTS AMÉRICAINS DES GRANDS LACS.

Nomenclature.

Nous énumérons ci-après tous les ports qui ont donné lieu, durant l'année 1868-1869, à des travaux dont le général Humphreys a rendu compte dans un rapport du 25 octobre 1869 :

1° LAC SUPÉRIEUR.

1. Superior-City	Wisconsin.	
2. Ontonagon	Michigan.	
3. Eagle		
4. Marquette		

LAC MICHIGAN.

1. Green-Bay	Wisconsin.	Côte occident. du lac.
2. Manitowoc		
3. Sheboygan		
4. Milwaukee		
5. Racine		
6. Kenosha		
7. Chicago	Illinois.	
8. Michigan-City	Indiana.	Côte orientale du lac.
9. New-Buffalo	Michigan.	
10. Saint-Joseph		
11. South-Haven		
12. Sangatuck		
13. Black Lake		
14. Grand-Haven		
15. Muskegon		
16. Embouchure du White River		
17. Pentwater		
18. Père Marquette		
19. Manistee		
20. Aux Becs Scies		

3° LAC HURON.

Embouchures de la rivière au Sable et de la rivière Saginaw	Michigan.

4° LAC ÉRIÉ.

1. Monroe	Michigan.
2. Toledo (baie de Maumee)	Ohio.
3. Sandusky River	
4. Sandusky-City	
5. Huron	
6. Vermillion	
7. Black River	
8. Cleveland	
9. Grand River	
10. Ashtabula	
11. Conneaut	
12. Erie	Pennsylvania.
13. Dunkirk	New-York.
14. Buffalo	

5° LAC ONTARIO.

1. Olcott	New-York.
2. Oak Orchard	
3. Charlotte (embouchure de la rivière Genesee)	
4. Big Sodus	
5. Little Sodus	
6. Oswego	

6° FLEUVE SAINT-LAURENT.

Ogdensburg	New-York.

7° LAC CHAMPLAIN.

1. Plattsburg	New-York.
2. Burlington	Vermont.

Renseignements particuliers sur quelques ports

Ces ports ne sont pour la plupart que des ports de refuge. Presque tous ont été créés au moyen de jetées qui, partant de la rive, s'avancent dans le lac ou bien s'y trouvent isolées en manière de brise-lames. Ces jetées étant toutes construites en coffrages garnis d'enrochements, les travaux de construction ou d'amélioration roulent dans un cercle assez restreint. Nous citerons quelques chiffres pour achever de caractériser le système des *crib-works*.

Le tirant d'eau normal est fixé pour six de ces ports à 15 pieds ($4^m,55$); ce

sont les ports de Racine, Chicago, Toledo, Cleveland, Érié et Buffalo. Pour les autres, un tirant d'eau de 12 pieds (3m,66) est généralement considéré comme suffisant.

Sur 10 millions de francs environ qui furent dépensés en 1868 et 1869 par le gouvernement pour les études et travaux des rivières et des ports, 3.600.000 fr. environ ont été appliqués aux 53 ports des Grands Lacs.

Eagle. L'entrée du port de Eagle (*l'Aigle*) était gênée par un rocher sur lequel on voulait obtenir 4m,27 de profondeur d'eau au lieu de 3 mètres. On estimait à 1.352 mètres cubes le volume à enlever sur une surface de 70 mètres par 40 mètres. Un entrepreneur accepta en 1867 de faire le travail à raison de 387 fr. par mètre cube. Mais, après avoir inutilement essayé des mines superficielles (*surface blasting*), puis opéré quelques extractions à l'aide de pétards à la poudre ordinaire et à la nitro-glycérine logés dans des trous cylindriques, il finit par abandonner le travail. Un autre entrepreneur, M. George W. Townsend, de Boston, s'en chargea en 1869 au prix de 267 francs par mètre cube. 4 à 500 trous, percés par le premier entrepreneur (sans qu'il en eût fait usage), avaient 1m,20 de profondeur moyenne, et l'on estima qu'ils valaient 2 fr. 50 par mètre linéaire. — (Les procédés employés à San Francisco et à New-York pour l'enlèvement des roches sous-marines ont donné des prix de revient beaucoup moindres.)

Marquette. Au port de Marquette, c'est un brise-lames que l'on construit. On en a fait en

1868 une longueur de.	95 mètres.
et en 1869.	137
On a dû en faire en 1870.	61
TOTAL.	283 mètres.

soit à peu près moitié de l'ouvrage projeté.

Green-Bay. Pour faciliter l'accès du port qui est au fond de la baie Verte, on a ouvert un chenal à la drague, et on se proposait de le maintenir à l'aide de pieux jointifs.

Nous avons déjà indiqué l'importance géographique de cette localité. Les tribus indiennes s'y réunissaient naguère en grand nombre au printemps, attirées par l'abondance du poisson et du gibier. Les jésuites y avaient une mission en 1670. Ils en avaient deux autres établies dans des conditions analo-

gues au pied du Sault Sainte-Marie et sur la rive nord du détroit de Michilli-Mackinac.

Au port de Sheboygan, on a remplacé 539 mètres cubes de pierres qui avaient tassé dans les crèches, et on a dragué le chenal entre les deux jetées. On a traité pour l'établissement de cinq crèches nouvelles en prolongement de la jetée du Sud. Sheboygan.

Le port de Milwaukee a été en grande partie créé par la ville durant les années 1854-55-56 et 57. On voit poindre la nécessité de renouveler, dans un avenir peu éloigné, une grande partie de la construction qui se trouve hors d'eau. Milwaukee.

Milwaukee n'avait que 20.000 habitants en 1850 et en a 71.000 en 1870. Des bateaux à vapeur font journellement le trajet de cette ville à Chicago.

Au port de Kenosha, le coffrage extrême de la jetée du Nord, après avoir été mis en place en 1867 et reçu, fut déplacé par une violente tempête. Avant de solder les entrepreneurs, on les invita à exhausser ce coffrage jusqu'au niveau du surplus de la jetée. Ils le firent en 1868 en battant des pieux pour relier le coffrage déplacé aux autres. Les glaces et les vagues ont emporté cet ouvrage additionnel durant l'hiver de 1868-69. Kenosha.

Les ingénieurs du gouvernement ont traité, à Chicago, pour le prolongement de la jetée du Sud sur une longueur de 600 pieds. Sur les 500 premiers pieds ce prolongement peut être formé de coffrages de 20 pieds de largeur (6m,10); pour le surplus, la largeur sera portée à 25 pieds (7m,62). La dépense des 600 pieds peut être estimée à raison de 70 dollars par pied courant (1.167 francs par mètre courant). On ajoute 15.000 francs pour la surveillance. Chicago.

On vient de terminer la jetée du Nord, dont l'extrémité se trouve dans 7 mètres de profondeur d'eau. A l'entour de cette extrémité, on a battu sept groupes de pieux pour la protéger.

Durant l'année expirée au 30 juin 1870, les recettes du port de Chicago se sont élevées à. . . . . 3.438.765 fr.

Le nombre des navires partis a été de 13.504

Ils emportaient un tonnage de. . . . . 2.887.305 tonnes

dont on estimait la valeur à. . . . . 13.065.360 fr.

La valeur des importations a été de. 8.033.800

En importance commerciale, le port de Chicago paraît être le troisième ou quatrième des États-Unis.

L'approfondissement des hauts-fonds de la rivière Saint-Clair, l'agrandissement projeté du canal Welland et des canaux du Saint-Laurent, l'établissement plus ou moins prochain d'une ligne navigable accessible aux bateaux à vapeur entre le lac Michigan et le Mississipi, enfin l'extension croissante du réseau des chemins de fer qui amènent les produits agricoles, sont autant de circonstances qui assurent à Chicago une prospérité croissante. Il est question d'y créer un port de refuge de 104 hectares de superficie, dont un tiers aurait plus de 12 pieds d'eau (3^{m},66) et le reste plus de 7 pieds (2^{m},13). On y annexerait des docks qui serviraient à désencombrer la rivière et l'intérieur de la ville.

Michigan-City. Au port de Michigan-City, l'expérience a conduit à prolonger la jetée de l'Ouest et à réduire la longueur projetée pour celle de l'Est. Il peut être reconnu plus tard utile de les prolonger l'une et l'autre.— Le mode de construction des jetées se prête parfaitement à ces tâtonnements inévitables.

Saint-Joseph. Au port de Saint-Joseph, il est devenu évident que la direction donnée aux jetées est défectueuse. Pour améliorer ce port, il convient de prolonger la jetée du Sud dans la direction du nord 78° ouest, à partir de son extrémité occidentale, sur une longueur de 283 mètres, et d'établir parallèlement, du côté du nord, une jetée de 287 mètres. La dépense de ces jetées est estimée 583.330 francs (soit 1.023 francs par mètre courant).

Buffalo. Parmi les ouvrages en cours d'exécution au port de Buffalo se trouve l'établissement d'un nouveau brise-lames. On a employé l'automne et l'hiver de 1868 à la préparation des matériaux. On montait les coffrages avec l'intention de les lancer sur la glace. Mais l'hiver fut si doux qu'il ne se forma pas de glace assez épaisse pour qu'on pût se basarder à travailler dessus; une fois pourtant, l'emplacement du premier coffrage à immerger avait été tracé et l'on venait de commencer à assembler le grillage de fond quand un dégel soudain obligea de vider la place en toute hâte. Il y eut au commencement du printemps quelques jours de froid vif qui rendirent à la glace une épaisseur suffisante pour qu'on pût travailler; mais l'avancement de la saison et la première alerte firent penser qu'il serait imprudent de risquer de nouveau les hommes et les matériaux.

On ne put conséquemment rien faire avant l'ouverture de la navigation, et elle n'eut lieu que fort tard en 1869.

C. — RIVIÈRES ET CANAUX DE JONCTION DES GRANDS LACS.

La rivière Sainte-Marie forme en s'élargissant un petit lac dans lequel on a dragué en 1869 57.000 mètres cubes d'argile ou de sable, afin de donner au chenal 61 mètres de largeur au fond et $4^m,27$ de profondeur. Rivière Sainte-Marie.

Le canal qui contourne le *Sault* Sainte-Marie a été construit naguère aux frais de l'État du Michigan, sur des terres domaniales cédées par le Congrès. Il n'est plus en rapport avec les besoins croissants de la navigation du Lac Supérieur, il réclame d'importantes améliorations, et le gouvernement local vient de le céder au gouvernement fédéral qui en aura la charge désormais. On veut notamment porter de $3^m,25$ à $5^m,18$ le mouillage en eaux basses et construire à côté des deux écluses actuelles une écluse unique pour racheter toute la chute.

D'autre part, le gouvernement canadien pense à créer un nouveau canal sur son territoire le long de la rive nord.

De la rivière Sainte-Marie on peut, si l'on veut, emprunter partiellement la voie de terre, gagner Montréal plus directement que par le circuit des lacs. Les premiers missionnaires avaient remonté par l'Ottawa, le lac Nipissing et la Georgian Bay; puis ils remontèrent le Saint-Laurent et le lac Ontario jusqu'à Toronto, d'où ils gagnèrent le fond de la Georgian Bay. Ce n'est qu'en 1669 qu'ils remontèrent par le *détroit* dont une ville perpétue le nom français. — Il est question de construire un grand canal pour relier la Georgian Bay avec l'Ottawa.

Avant d'arriver à ce qu'on appelle aujourd'hui la rivière de Détroit, les eaux du lac Huron passent par la rivière et le petit lac *Saint-Clair* (originairement *Sainte-Claire :* on a altéré l'écriture pour conserver la prononciation). Rivière Saint-Clair

Le lac présente des hauts-fonds à travers lesquels on a commencé en 1869 à draguer un chenal de $3^m,96$ de mouillage, 91 mètres de largeur entre les digues et 250 mètres de longueur.

C'est en 1679 que le premier bateau à voiles a paru sur le lac Érié, d'où il se rendit au fond du lac Michigan. Il avait été construit et lancé sur le bord du Canal Welland.

Niagara, en amont de la chute. Les Indiens, qui ne connaissaient que des canots d'écorce, dans lesquels dix ou douze hommes au plus pouvaient prendre place, qualifièrent de *fort flottant* ce premier bateau, de 45 tonnes de jauge, muni de parapets derrière lesquels on était à l'abri de leurs flèches.

La chute du Niagara était une barrière infranchissable et le canal Welland une nécessité.

Ce canal, qui appartient au Canada, a été construit à point de partage et de manière à être alimenté par la rivière de même nom. Mais cette alimentation a été jusqu'à présent insuffisante et précaire. Dès l'année 1843 le gouvernement des Provinces-Unies du haut et du bas Canada décida que le bief supérieur serait abaissé au niveau du lac Érié; les travaux furent commencés en 1846, mais ils ne furent pas poussés avec l'activité américaine, celle par exemple que déploie en ce moment la ville de Chicago pour opérer une transformation pareille sur le canal du lac Michigan à l'Illinois. L'abaissement du canal Welland, d'après le rapport annuel présenté en 1869 par les ingénieurs du gouvernement canadien, ne devait se terminer qu'en 1870. Cette opération, à la vérité, paraît avoir rencontré des difficultés sérieuses. Il s'agissait d'un abaissement de $2^m,44$ à réaliser sur toute la longueur d'un bief de 21 kilomètres en lui conservant sa largeur de $15^m,25$ au plafond. Outre des excavations dans le rocher, on en a d'autres à opérer dans un sable mouvant, dont les éboulements sont perpétuellement à craindre. On redoute particulièrement le moment où l'abaissement du plan d'eau supprimera la contre-pression qui contribue à maintenir les talus en équilibre. Le point le plus élevé du col n'est d'ailleurs qu'à $12^m,50$ au-dessus du niveau du lac Érié.

Le canal Welland se termine dans le lac Ontario par deux jetées parallèles qui laissent entre elles un chenal de 61 mètres. La jetée de l'Est a 793 mètres de longueur et celle de l'Ouest 726 mètres. Elles sont formées de coffrages remplis de pierres dont la largeur est portée de $6^m,10$ à $9^m,15$ aux extrémités, sur une longueur de 244 mètres pour la jetée de l'Est et 305 mètres pour celle de l'Ouest. Ces ouvrages en bois durent de douze à dix-huit ans. Les ingénieurs, consultés sur la question de savoir s'il ne serait pas préférable de construire en maçonnerie la superstructure, c'est-à-dire la partie des jetées située hors d'eau,

ont répondu négativement en se fondant sur ce qu'elle coûterait quatre à cinq fois plus cher.

D. — FLEUVE SAINT-LAURENT.

A l'origine du fleuve Saint-Laurent se trouve Kingston, l'une des villes importantes du Canada, bâtie près de l'ancien fort Frontenac. Un bateau à vapeur part de là tous les jours (à l'exception du lundi) vers cinq heures du matin et descend le fleuve jusqu'à Montréal, où il arrive en douze à treize heures. Nous le prîmes à sept heures à Clayton, grand village de la rive droite.

Pendant plusieurs heures on navigue au milieu de l'*archipel des Mille Iles*. Les rives sont boisées et absolument plates sur une étendue indéfinie; elles restent telles jusqu'à ce qu'on aperçoive la montagne isolée au pied de laquelle est bâti Montréal.

Vers onze heures on aborde à Ogdensburg, ville de la rive droite, en face de laquelle est la ville canadienne de Prescott. Ce sont deux têtes de chemins de fer, d'où l'on peut se rendre au sud dans tout l'État de New-York et au nord à Ottawa, capitale politique du Canada depuis 1858. Ogdensburg, dont l'existence date d'une mission fondée en 1748 par l'abbé François Piquet, *l'Apôtre des Iroquois*, n'a pris d'importance que depuis la création des chemins de fer. Ce port est en voie de prospérité. Les grains qu'on y embarque annuellement à destination de l'Europe se sont élevés de 3 à 5 millions d'hectolitres dans l'intervalle de 1866 à 1869. On vient d'ouvrir un chenal de 3^{m},66 de mouillage et 90 mètres de largeur dans une barre qui existe à l'entrée de la rivière Oswegatchie, immédiatement à l'amont de la ville. Ogdensburg.

C'est entre Ogdensburg et Montréal que se trouvent les *rapides* du Saint-Laurent. Les bateaux les descendent, mais ils remontent par les dérivations.

Les six dérivations, rectilignes et parallèles à la direction générale du fleuve, coupent des saillies peu prononcées de la rive. Les trois premières ne sont guère séparées de la rivière que par une digue insubmersible. Le canal Beauharnois appartient à la rive droite et les cinq autres à la rive gauche. Tous dépendent du territoire canadien. C'est depuis 1848 qu'ils ont leur largeur actuelle. (*Voir le tableau donné au commencement de cet article.*) Les dérivations.

Il n'y a pas d'autres barrages de prise d'eau que les bancs de roche des rapides correspondants à chaque canal. Dans cette situation, le canal *de Cornwall* n'était qu'insuffisamment alimenté en eaux basses. Pour y remédier, on vient d'établir une jetée en coffrages partant de la tête d'amont et s'avançant obliquement dans la rivière sur 107 mètres de longueur.

La navigation souffre aussi dans le canal de La Chine en eaux basses, mais c'est par une autre cause : cela tient à la trop grande quantité d'eau qu'on en tire pour l'usage des moulins.

La glace interrompt la circulation du commencement de décembre à la fin d'avril, soit pendant cinq mois.

L'écluse unique du canal de la Pointe-Farran est placée en tête de la dérivation.

La Rivière libre.

La pente totale des portions du Saint-Laurent comprises entre les canaux depuis le lac Ontario jusqu'à Montréal est de $5^{m},18$. Elle est de $3^{m},93$ entre Montréal et la partie maritime du fleuve, en face de la ville de Trois-Rivières.

Le canal de Cornwall et le rapide appelé *Long-Sault* se terminent au village canadien de Cornwall. A partir de ce point, le Saint-Laurent s'élargit, s'étale en un bassin d'eau calme de 40 kilomètres de longueur et $8^{k},8$ de largeur moyenne : c'est ce qu'on appelle le lac *Saint-Francis* ou Saint-François. Puis vient un autre étranglement, un autre défilé analogue à celui de Long-Sault : c'est le rapide dit *du Coteau des Cèdres*, qui se termine à l'embouchure du bras droit de l'Ottawa (rive gauche du Saint-Laurent) et en face du village de Beauharnois (rive droite). Vient alors un second élargissement qui a, bien plus encore que le premier, l'aspect d'un lac : pour la même largeur il n'a qu'une longueur moitié moindre ; c'est le *lac Saint-Louis*. Il se termine au dernier haut-fond de rocher, en face du village de Caughnawaga (rive droite), à l'origine du canal de la Chine, qui débouche dans Montréal. Ces deux lacs et les rapides d'amont et d'aval forment, avec les îles de la partie supérieure, le trait le plus saillant de la physionomie du fleuve.

La longueur des canaux et la chute rachetée donnent une première idée de l'importance des rapides. Mais il faut se représenter en outre un lit hérissé de roches isolées qui produisent par places des courants impétueux dont les direc-

tions s'entre-croisent et changent brusquement. La descente des grands bateaux à vapeur ne peut s'opérer qu'à la condition d'agir vivement et vigoureusement sur le gouvernail au moment convenable. On ferme le robinet de vapeur et on laisse aller : tandis que quatre hommes manient la roue verticale dont le mouvement se transmet par une chaîne et une poulie, deux autres agissent directement sur le gouvernail au moyen d'une barre spéciale. Le dernier rapide, celui de *la Chine*, est le plus accidenté, le meilleur (*the best*), disait le Guide, qui promet au touriste des émotions incomparables. En effet, pendant les deux ou trois minutes que dure le passage, quelques secondes d'inattention de la part du pilote pourraient compromettre le salut de tous.

La Chine.

Involontairement préoccupé des souvenirs qui s'attachent à tant de noms français semés dans le bassin du Saint-Laurent, nous trouvions étrange celui qu'on a donné au village bâti en amont du dernier *rapide*, et qu'un canal de 14 kilomètres de longueur relie à la ville de Montréal. Nous demandâmes l'origine de ce nom. Voici ce qu'on nous répondit.

Lorsque Cavelier de la Salle arriva de France en 1666, les prêtres de Saint-Sulpice, propriétaires de la grande île dans laquelle est bâti Montréal, lui cédèrent des terrains sur le point le plus exposé aux soudaines et terribles attaques des Iroquois. La Salle devint seigneur féodal de ce domaine et y bâtit un fort qui devait servir d'avant-poste. Ce fut à lui que l'on confia en 1669 la première mission tendant à aller à la recherche de la *grande rivière de l'Ouest*. Où cette rivière avait-elle son embouchure? Dans le golfe du Mexique, ou dans la mer Vermeille (le golfe de Californie, que Fernand Cortez avait découvert en 1537)? On penchait pour cette dernière hypothèse, qui prévalut jusqu'en 1673. La Salle était un des plus ardents promoteurs d'une exploration dont le résultat principal devait être, suivant lui, bien moins de préparer la colonisation des pays occidentaux du continent américain, que d'ouvrir une voie nouvelle, une voie navigable (on n'en imaginait pas d'autre alors), vers *la Chine* et le Japon : il personnifiait en lui ce but spécial de l'entreprise. Cependant elle commença par avorter ; des obstacles de tous genres l'entravèrent, et dans l'automne de 1669 les hommes qui étaient partis avec la Salle l'abandonnèrent pour revenir à Montréal, proclamant le voyage impossible et l'entreprise chimérique. De ce jour date le nom

donné, par dérision, au domaine que la Salle avait vendu pour se procurer les fonds nécessaires à son expédition.

Il est assez curieux de constater qu'à deux cents ans de distance, presque jour pour jour, les Américains ont réalisé le programme français par l'ouverture du Chemin de fer du Pacifique. Le nom de *la Chine* est là pour attester que cette idée grandiose ne date pas d'hier.

Mais revenons au Saint-Laurent.

Balisage. Plusieurs feux flottants servent, concurremment avec des bouées, à repérer la route au milieu des îles et dans la traversée des lacs Saint-Francis et Saint-Louis. Leurs petites tourelles blanches, coiffées d'une sorte de capuchon d'un rouge vermillon, se distinguent à une très-grande distance. Sur le bateau qui les porte on a construit un logement de gardien assez spacieux.

Remorquage. Tous les bateaux que nous avons rencontrés remontant le fleuve étaient remorqués. Tantôt c'est un petit vapeur à hélice qui emmène deux voiliers à deux mâts; tantôt c'est un grand remorqueur à roues qui en traîne six. Les embarcations sont toujours espacées d'une longueur de bateau au moins, car ici la place ne manque pas et l'on ne redoute pas les rencontres comme sur l'Hudson. Le remorquage est l'objet d'une entreprise subventionnée depuis vingt ans par le gouvernement canadien. La subvention annuelle est de 60.000 fr. L'entrepreneur est tenu de remorquer les navires aux prix d'un certain tarif; il doit fournir au moins neuf remorqueurs et faire deux voyages par jour entre les canaux de la Chine et de Beauharnois et un sur les autres parties du fleuve entre le canal de Beauharnois et Kingston. Le tableau suivant indique le nombre des navires remorqués durant l'année comprise entre le 1er juillet 1868 et le 30 juin 1869 :

	A LA REMONTE.	A LA DESCENTE.
Entre Kingston et la tête du canal de Cornwall.	368	263
Entre les canaux de Cornwall et de Beauharnois. . . .	688	407
Entre les canaux de Beauharnois et de la Chine.	594	497
	1.650	1.167
	2.817	

Le montant correspondant des sommes payées à l'entrepreneur par les patrons de navires a été de 188.577 francs.

Les habitants de Montréal rappellent volontiers que leur histoire commence au 3 octobre 1535, jour où notre compatriote Jacques Cartier, le premier Européen qui visita ces parages, entra dans le petit village indien de Hochelaga. C'est près de là que fut fondée en 1642 la ville qui est aujourd'hui la plus peuplée et la plus commerçante des possessions anglaises en Amérique. Montréal est bâti dans une île formée par les deux bras entre lesquels l'Ottawa se divise avant de se jeter dans le Saint-Laurent; le bras principal débouche à 29 kilomètres en aval; l'autre bras, qui débite le tiers environ du volume total des eaux, débouche dans le lac Saint-Louis.

Par sa position dans l'intérieur des terres, à 1.587 kilomètres de l'Océan, le port de Montréal appartient à la navigation intérieure plutôt qu'à la navigation maritime. Cependant, depuis les travaux d'approfondissement qui ont porté à 5m,49 le mouillage minimum du Saint-Laurent en aval, c'est à Montréal que s'opère principalement le transbordement des marchandises qui usent de la navigation au long cours. Le Saint-Laurent gèle tous les hivers au-dessus de Montréal, tandis qu'il ne gèle pas toujours au-dessous. Pendant l'été, les Transatlantiques anglais remontent jusqu'à Montréal. Les navires ordinaires sont arrêtés là par l'insuffisance des dimensions des canaux supérieurs.

Lorsque, descendant le fleuve, on dépasse le grand pont tubulaire du chemin de fer, la ville et le port se déploient tout à coup sur la rive gauche, la ville étagée au flanc d'une éminence de 200 mètres environ de hauteur, le port commençant à l'écluse d'embouchure du canal de la Chine et se continuant par des murs de quai. Ces ouvrages tout en maçonnerie où la pierre de taille abonde, des terre-pleins soigneusement pavés à la suite, des monuments publics qui se détachent au milieu des maisons, tout cet ensemble a un aspect très-différent de celui que présentent les villes des États-Unis, et nous avons pu nous croire ramenés en Europe.

Le Saint-Laurent a 2 kilomètres et demi de largeur en face de la ville. On pourrait étendre le port aux dépens du fleuve, et il en a été bien souvent question depuis quinze ans. Les principales idées émises à ce sujet sont consignées dans des rapports imprimés en 1855, 1859 et 1861. Ces rapports figurent, ainsi que les règlements du port, parmi les documents-annexes. Nous n'y trouvons rien à signaler ici.

E. — LAC CHAMPLAIN.

Le lac Champlain a conservé le nom que lui donna en 1608 Samuel de Champlain, gentilhomme de Saintonge, qui avait fondé Québec la même année. Ce lac ne fait pas partie de la grande ligne navigable du Lac Supérieur à l'Océan; mais il fait encore partie du bassin du Saint-Laurent et il joue un rôle important dans les relations du bas Canada avec les États-Unis de l'Est.

Étroit et allongé dans la direction du sud au nord, il déverse naturellement ses eaux du côté du nord par la rivière *Richelieu*, et il se relie du côté du sud avec l'Hudson par un petit canal à point de partage dont le bief supérieur n'est qu'à 45^{m},80 au-dessus du niveau de la mer. Les deux rivières, le canal et le lac forment une sorte de coupure comprise à peu près sous le méridien de New-York et réunissant la baie de New-York avec le Saint-Laurent. Le lac n'est qu'à 21^{m},05 d'altitude.

La voie d'eau continue qui relie ainsi Montréal à New-York se subdivise ainsi qu'il suit :

		kilom.
Canada.	Le Saint-Laurent, de Montréal à Sorel	74
	La rivière Richelieu, de Sorel à l'écluse de Saint-Ours	22,5
	id. de l'écluse de Saint-Ours au canal de Chambly	51,5
	Canal de Chambly	19,5
	La rivière Richelieu, du canal de Chambly à la frontière	37
États-Unis.	Le lac Champlain	178,6
	Canal Champlain (du lac à Troy)	103
	Partie inférieure du canal Érié	11
	L'Hudson, d'Albany à New-York	241
	Total	737,9

On a proposé de relier directement le lac Champlain avec le Saint-Laurent à Caughnawaga, en amont du rapide de la Chine. Le raccourcissement notable qui en serait la conséquence déterminerait peut-être les bateaux des lacs à emprunter cette voie qui les conduirait à New-York sans transbordement. Montréal, quoique laissé ainsi en dehors de la ligne principale, s'y trouvant rattaché par le canal de la Chine, en retirerait (à ce que l'on pense) de grands avantages

et pourrait devenir un entrepôt pour l'approvisionnement en céréales des six États de la Nouvelle-Angleterre.

Le lac Champlain a deux ports principaux : Plattsburg, sur la rive occidentale, dans l'État de New-York, et Burlington, sur la rive orientale, dans l'État de Vermont. Ce sont deux têtes de chemin de fer, et le lac transporte beaucoup de voyageurs de l'une à l'autre. Partant de Montréal à six heures du matin, on va par chemin de fer jusqu'à la Chine, on passe le Saint-Laurent dans un *ferry-boat* et l'on continue par un autre chemin de fer; on arrive à huit heures et demie à Plattsburg. Là nous avons constaté, montre en main, qu'il ne s'écoule pas plus de cinq minutes entre l'arrêt des wagons et le départ du steamboat gigantesque qui emmène tous les voyageurs et leurs bagages. Plattsburg.

Indépendamment des bateaux qui remontent la rivière Richelieu, le lac Champlain a sa marine spéciale, composée de 743 navires, dont le tonnage total est de 43.500 tonnes. Presque tous entrent plusieurs fois par an dans le port de Plattsburg. Dans le nombre se trouvent six grands bateaux à vapeur de 800 à 1.200 tonnes de chargement, qui tirent de $1^m,83$ à $2^m,75$ d'eau et viennent l'un ou l'autre au même port ou en partent de huit à douze fois par jour pendant la saison de la navigation. On vient de porter par des dragages à $2^m,13$ le mouillage minimum du bassin compris entre le brise-lames et les quais. L'ingénieur du port propose de draguer encore jusqu'à $0^m,60$ plus bas et aussi d'allonger le brise-lames de 90 mètres. Un petit phare existe à chacune des extrémités de cet ouvrage.

Le port de Burlington a aussi son brise-lames, qu'on prolonge à l'aide de coffrages successivement immergés à la suite les uns des autres, à mesure que les besoins du commerce local exigent que l'on protége une longueur de quais plus grande. On a posé en six mois de l'année 1868 cinq coffrages ayant chacun 25 mètres de longueur et un sixième de 30 mètres qui fut établi sans plus de difficultés que les autres. Le seul accident survenu est celui d'un coffrage qui, éprouvé immédiatement après sa pose par un fort coup de vent, et n'ayant pas été garni d'une quantité de pierrailles suffisante pour le maintenir, se déversa légèrement. Il ne fut pas sérieusement endommagé; cependant, pour que le fait ne se reproduisit pas, on couvrit provisoirement les crèches suivantes d'un plan- Burlington.

cher qu'on chargea fortement avec des moellons jusqu'à ce qu'on eût en grande partie opéré le remplissage en pierres. La profondeur moyenne de l'eau en eaux basses est sur ce point de $9^m,45$, ce qui fait $11^m,60$ pour la hauteur du brise-lames, ou plus exactement $12^m,85$ eu égard à un tassement de $1^m,22$. On doit attendre un peu, pour que le tassement se produise, avant de construire ce qu'on appelle la *superstructure* des jetées.

Lac George. Le lac Champlain n'est bordé que de collines basses et assez éloignées. Il reçoit sur sa rive occidentale les eaux d'un autre lac plus petit et beaucoup plus pittoresque, dont l'ancien nom indien (l'Horican) a été successivement remplacé par ceux de lac du Saint-Sacrement et de lac George. On trouve encore, en remontant dans cette direction, un col qui relie le bassin du Saint-Laurent à la vallée de l'Hudson : on rejoint ainsi ce fleuve à *Glen's Falls* au lieu de le joindre à *Fort-Edward ;* c'est même par là qu'était *le portage*, espace de 18 à 20 kilomètres qu'on parcourait à pied en portant les marchandises, avant la création du canal Champlain. Les deux points d'arrivée, Glen's Falls et Fort-Edward, correspondent à deux points d'inflexion brusque de l'Hudson, qui de l'un à l'autre coule exceptionnellement dans la direction de l'est.

Des bateaux à vapeur remontent jusqu'à l'extrémité sud de l'un et de l'autre lac.

---

§ 3. — DES BATEAUX A VAPEUR.

I. — BATEAUX ORDINAIRES.

On sait que l'américain Fulton vint à Paris pour y proposer une application pratique de la vapeur à la navigation, — qu'en 1803 une embarcation remonta la Seine, entre le Champ de Mars et l'esplanade des Invalides, à la vitesse de $1^m,06$ par seconde, — que personne cependant ne comprit l'importance de cette nouveauté, et que Fulton la reporta dans son pays. Le premier bateau à vapeur, lancé sur l'Hudson en 1807, parcourut aussitôt en 32 heures les 241 kilomètres qui séparent New-York d'Albany et revint en 30 heures à New-York.

La navigation à vapeur se répandit dès lors sur les grands cours d'eau des

États-Unis. Il y a longtemps qu'elle y règne d'une façon à peu près exclusive et, sur les lacs même, elle se substitue chaque jour davantage à la navigation à voiles. Malgré la concurrence des chemins de fer latéraux, les bateaux continuent à transporter des voyageurs et des marchandises; les matières lourdes et encombrantes sont remorquées en convois.

Les roues à aubes et l'hélice.

Les bateaux transatlantiques (*steamships*) ont presque tous abandonné les roues à aubes pour l'hélice. Mais les fastueux bateaux qui transportent les voyageurs le long des côtes, par exemple de New-York à Providence, à Newport ou à Long-Branch, sont construits dans le système des *bateaux de rivière:* ce sont des *steamboats* caractérisés par leur faible tirant d'eau, la grande largeur qui assure leur stabilité, les deux ou trois étages qui émergent, les plates-formes de 3 à 4 mètres qui débordent en encorbellement tout au pourtour, les deux grandes roues latérales qui semblent à peine tremper dans l'eau, enfin la position du balancier qui domine tout l'édifice. Nous avons retrouvé le même type à San Francisco dans les paquebots qui naviguent entre l'Amérique et l'Asie, sur un océan où, paraît-il, on ne redoute ni les secousses de la masse liquide ni les coups de vent. Les beaux paquebots transatlantiques de la France et de l'Angleterre donnent à peine une idée de l'ampleur, du confort et du luxe qu'on trouve à bord de ces steamboats américains.

Sur les lacs du Nord comme sur l'Océan, les vapeurs à hélice ont remplacé presque complétement les vapeurs à aubes.

Sur les rivières des États-Unis l'emploi persistant et exclusif des roues s'explique par ce fait qu'elles sont, beaucoup plus que l'hélice, à l'abri des écueils que le fond peut inopinément présenter. On trouve même, dans certains cas, par exemple sur le Missouri, que des roues latérales sont encore trop exposées, et on les remplace par une roue unique placée à l'arrière.

Remorquage.

Le remorquage tel qu'il se pratique habituellement en France, par bateaux attachés à de longs intervalles à la suite l'un de l'autre, serait impraticable sur l'Hudson : il occasionnerait des chocs à chaque instant. Les bateaux remorqués sont accolés par trois ou par quatre et se succèdent sur trois, quatre, cinq rangs, qu'on a rigidement unis ensemble en ne laissant que 2 ou 3 mètres d'intervalle; le remorqueur est tantôt placé en tête, tantôt enclavé dans le premier rang.

On fait du reste un très-grand usage de remorqueurs à hélice (*tugs*) dans la baie de New-York et sur la rivière de Chicago. Ces remorqueurs, microscopiques par rapport aux navires et aux steamboats, ont une vigueur et une prestesse d'évolutions qui étonnent. On voit dans la baie de New-York tantôt un *tug* remorquer deux navires, un sur chaque flanc, tantôt deux tugs enserrer entre eux quelque colosse, qu'ils entraînent de concert.

Steamboats ordinaires.

Les steamboats ordinaires, marchands, — tels que *l'Adélaïde*, sur laquelle nous avons parcouru la baie de la Chesapeake, et qui fait partie d'une entreprise donnant 16 pour 100 de dividende à ses actionnaires,—les steamboats ordinaires sont à trois étages ou ponts. 1° Le pont intermédiaire, placé à 2 mètres environ au-dessus de la ligne de flottaison, se trouve à peu près au niveau des quais auxquels accoste le bateau. Le milieu de ce pont forme comme un vestibule, et l'on y trouve un guichet de distribution des billets. On laisse à cet étage les bagages et les ballots de marchandises. A l'avant est un salon pour les dames.—2° L'étage inférieur, qui descend en contre-bas de la ligne de flottaison, contient la salle à manger, la cuisine et les accessoires. — 3° L'étage supérieur contient deux salons, avec deux rangées de cabines latérales qui ouvrent sur ces salons. Quelquefois il y a deux rangs de cabines superposés, celles du haut ouvrant sur une galerie en encorbellement sur le salon.

Dans les bateaux spécialement destinés au transport des marchandises, l'étage supérieur n'existe pas. Cependant il y a toujours une couverture. Le bateau alors n'est plus accessible seulement par les deux bouts, il l'est par trois ou quatre grandes portes latérales.

Le long du littoral (sur l'Hudson, sur la Chesapeake, dans la baie de San Francisco), le niveau de l'eau ne variant guère que de $1^m,50$ à $1^m,80$, on a des quais qu'une courte passerelle relie à l'étage intermédiaire des steamboats. Cette passerelle, qui a 2 mètres de largeur au plus, suffit pour la circulation des voyageurs et pour le croisement des petits chariots qui amènent les bagages et les marchandises. Les quais sont généralement couverts au moyen d'une charpente légère et d'une toiture en zinc, tôle ondulée ou carton bitumé.

Sur les rivières intérieures, qui ont des crues de 6, 8, 10 mètres, au lieu de quais on ne trouve que des berges croulantes comme à Omaha ou une plage sa-

blonneuse comme à Parkersburg ou un bas port pavé comme à Saint-Louis : il faut alors pour l'embarquement une passerelle plus longue. Les camions amènent les marchandises sur la berge très-peu de temps avant l'heure du départ; l'embarquement s'opère du reste encore avec une grande célérité.

II. — FERRY-BOATS OU BACS.

Entre Utica et Schenectady, sur une longueur de 129 kilomètres, huit ponts et un bac à vapeur permettent de franchir le Mohawk : c'est un espacement moyen de 13 kilomètres. Entre Albany et New-York, sur 241 kilomètres de longueur, l'Hudson n'a pas un seul pont; il y a huit bacs pour passer d'une rive à l'autre, soit un par 27 kilomètres en moyenne; les glaces que charrie l'Hudson pendant une partie de l'année en entravent beaucoup le service.

Bien qu'on ait commencé il y a près de vingt ans à construire des ponts sur les grands fleuves de l'Amérique, certains passages d'eau ont et conserveront longtemps encore une importance dont il est difficile de se faire l'idée. Plus de vingt lignes différentes de *ferry-boats* relient New-York avec les rives opposées de l'Hudson et de la Rivière de l'Est. Indépendamment des chevaux et voitures, plus de 40 millions de piétons passent annuellement de New-York à Brooklyn, ou *vice versa*. Le passage d'eau de *Fulton-Street*, près duquel on est en train de construire le grand pont suspendu dont nous avons parlé, est le plus important. En dehors de New-York nous avons vu quatre passages d'eau du même genre, c'est-à-dire servant comme celui-là aux piétons et aux voitures, savoir :

A Philadelphie, sur la Delaware;

A Omaha, sur le Missouri;

A Saint-Louis, sur le Mississipi;

A Oakland, sur la baie de San Francisco.

Nous en avons vu quatre autres où l'on embarque des wagons de chemin de fer pour éviter les transbordements, savoir :

A la Chine, sur le Saint-Laurent;

A Détroit, sur la rivière de même nom;

A Saint-Charles, sur le Missouri;

A Parkersburg, sur l'Ohio.

Nous allons indiquer les dispositions principales adoptées pour cette traversée des rivières.

A. — PASSAGES D'EAU POUR PIÉTONS ET VOITURES.

1° Passage d'eau de Fulton-Street (New-York).

Les bateaux qui servent à porter simplement d'une rive à l'autre les piétons et les voitures sont des steamboats à un seul étage ayant de 12 à 15 mètres de largeur et 80 mètres de longueur environ. Les deux extrémités sont symétriquement arrondies et pourvues chacune d'un gouvernail.

La machine à vapeur occupe, au milieu du bateau, un espace rectangulaire et isolé qui n'a guère que 1^{m},80 de largeur sur 15 à 20 mètres de longueur. Le cylindre unique est vertical et placé immédiatement au-dessus du condenseur. La tige du piston met en mouvement une longue bielle qui agit sur l'un des bras d'un balancier en fonte soutenu par un bâti en charpente : l'autre bras conduit une autre bielle pendante, liée à un coude de l'arbre sur lequel les roues sont calées. Pour augmenter l'effort exercé sur cet arbre, on allonge le rayon de manivelle et par suite la course du piston : cette course est de 3 mètres. Pour que les roues ne descendent pas en dessous d'un niveau déterminé, qu'elles aient un grand rayon et qu'enfin la bielle conductrice n'agisse pas sous un angle trop grand, il faut placer le balancier très-haut, à 6 mètres au moins au-dessus du pont : de là cette oscillation visible de l'extérieur et qui contribue à donner aux steamboats un aspect insolite.

De chaque côté de la machine se trouve un espace couvert de 3 mètres environ de largeur, affecté aux voitures qui s'y placent à la suite les unes des autres; deux salles destinées aux voyageurs se développent sur les rives du bateau. Chacune d'elles est transversalement coupée par le tympan dans lequel se meut la roue; un simple passage intérieur réunit les deux parties. Ces quatre grandes cabines, pourvues de banquettes, chauffées à la vapeur et éclairées au gaz sont formées de légers panneaux en bois; elles ont près de 5 mètres de hauteur. Une même couverture, échancrée pour laisser passer le balancier de la machine, recouvre les cinq zones longitudinales entre lesquelles le bateau est divisé. Au-dessus de cette couverture, aux extrémités de la chambre de la machine, s'élèvent deux petites guérites octogonales, vitrées sur tout leur pourtour; dans cha-

cune d'elles est une roue dont le mouvement se transmet au gouvernail de l'extrémité opposée : c'est là que se tient le pilote.

On embarque et on débarque par une des extrémités du bateau et complétement à couvert. La couverture, sous laquelle le bateau peut s'avancer en partie, comprend : 1° un grand vestibule planchéié en sapin, de 8 à 10 mètres de largeur et 50 mètres environ de longueur (parallèlement à la rive), accessible du côté de la voie publique par une petite porte centrale et par deux portes charretières latérales, — 2° deux ponts mobiles établis en prolongement des voies charretières, — 3° trois locaux, dont l'un (au centre) est une salle d'attente avec buvette, et dont les deux autres servent de cabinet d'aisances et de magasin pour les agrès.

La porte centrale est munie d'un tourniquet ; le guichet du receveur est en face. Le prix du passage est de 2 cents pour les piétons et de 5 cents pour les voitures. Les 40 millions de piétons de Brooklyn rapportent donc à eux seuls 4 millions de francs environ.

Les passages d'eau importants, comme celui de Fulton-Street, sont desservis par quatre bateaux à la fois. Il en peut accoster deux en même temps sur chaque rive ; mais il y en a ordinairement deux en marche, tandis que les deux autres sont en chargement, ce qui fait que les voyageurs arrivant n'ont pas à s'arrêter dans la salle d'attente. Les voitures viennent de même se placer immédiatement sur le bateau ; les deux portes charretières sont fermées alternativement. La vitesse de marche des bateaux est d'environ 300 mètres par minute.

Le pont mobile est formé d'un tablier de 12 à 15 mètres de longueur, maintenu par quatre poutres en forme de *bowstring* qui le divisent en trois zones longitudinales, une voie charretière au centre et deux passages de piétons sur les côtés. Ce tablier est mobile autour d'un axe horizontal contigu à la rive ; il peut être légèrement soulevé à l'autre extrémité, grâce à deux treuils qu'il porte et à des poulies fixes supérieures. Cette extrémité du large peut être suspendue, ou flottante, ou l'un et l'autre à la fois. Au passage d'eau de Fulton-Street, le tablier repose sur une caisse flottante qui en soutient l'extrémité à un niveau un peu inférieur à celui du pont du bateau, si chargé que celui-ci puisse être, et à mer basse : quand l'approche du bateau a eu lieu, on soulève avec les chaînes

le pont mobile. Dans d'autres passages d'eau le tablier, plus léger, est simplement suspendu par les chaînes, il porte alors deux pièces de bois en saillie, au-dessus et en avant : on soulève un peu le tablier quand le bateau approche ; puis on le laisse retomber, et il s'applique alors sur le pont du bateau par les deux pattes saillantes dont nous venons de parler.

Dans son mouvement d'accostage, le bateau est guidé par deux files de pieux jointifs et moisés à la tête, deux files obliques à la rive et qui, après avoir soutenu le choc biais du bateau en s'inclinant fortement sans rompre, l'amènent à venir s'emboîter dans le cintre concave que forme l'extrémité du tablier du pont mobile. Il importe que cette manœuvre d'accostage se fasse vite et sans exiger beaucoup de personnel : ce double but est parfaitement atteint. On commence par fermer le robinet de vapeur ; puis le bateau perd une partie de sa vitesse acquise dans le choc oblique et très-doux qui se produit contre l'une des files de pieux ; alors seulement on renverse la vapeur, et le bateau arrive presque automatiquement au terme qui lui est assigné. On l'amarre en fixant à deux forts anneaux qu'il porte sur son pont les crochets de chaînes enroulées sur les deux treuils du pont mobile. Ces treuils ont ainsi le double but de soulever le tablier et d'amarrer le bateau. Il reste quelquefois entre le bateau et le pont mobile une différence de niveau que l'on rachète avec un petit panneau de bois taillé en biseau et garni de tôle à ses extrémités pour que les voitures puissent passer sans choc par-dessus. Généralement les piétons sautent sur le pont mobile sans attendre qu'on ait opéré l'amarrage.

2° Passage d'eau d'Omaha.

Le ferry-boat qui fonctionne à Omaha diffère beaucoup de ceux de New-York parce que les circonstances locales sont très-différentes. D'abord, on ne peut pas compter sur un mouillage de plus de 5 pieds en eaux basses, de sorte qu'il faut des bateaux moins creux : cela conduit à employer des machines à cylindres horizontaux. Puis le lit est très-instable et le courant très-rapide : double circonstance qui empêche d'accoster, comme à New-York, perpendiculairement à la rive. Il faut que le bateau se range contre la berge, position peu compatible avec des roues latérales. En conséquence, on réunit les deux roues en une seule de largeur double (6 à 7 mètres), qu'on place dans l'axe du bateau. Cela conduit aussi à faire entrer les voitures latéralement, en affectant un côté à l'em-

barquement et un autre au débarquement. La symétrie du plan disparaît ainsi en partie. Enfin les échouages sont fréquents dans cette rivière à fond mobile; quelquefois on parvient, en enlevant les chaudières et les machines, à alléger assez le bateau pour le remettre à flot; mais d'autres fois cela ne suffit pas, et le bateau pourrit sur place s'il n'est enlevé par quelque crue. En prévision de ces sinistres, on construit les bateaux du Missouri et du Mississipi avec une économie tout exceptionnelle et souvent poussée beaucoup trop loin.

Naturellement il n'y a pas ici d'embarcadères fixes. On facilite l'accès des voitures en déblayant grossièrement la berge; quelques planches sont mises pour les piétons sur des rampes provisoires. Une passerelle relie la rive au bateau.

La roue, qui a encore de 10 à 11 mètres de diamètre, est mue par deux cylindres distincts, à haute pression et à grande course. Par économie on fait en bois les bielles d'accouplement. Il y a deux chaudières à bouilleurs enfermées dans un massif en briques. Les salles des voyageurs s'étendent de chaque côté de la chambre de la machine et aboutissent à un hémicycle à l'arrière. Les voitures sont réunies à l'avant et s'y placent dans une direction perpendiculaire à l'axe du bateau.

On met environ trois quarts d'heure pour traverser le Missouri. Cette opération n'est ni rapide ni commode; mais elle est économique, et elle aura permis d'ajourner pendant plus de deux ans la construction du pont qui va relier le chemin de fer du Pacifique avec les grandes lignes de l'Est et du Sud.

3° Passage d'e Saint-Loui

A Saint-Louis, il y a plusieurs petits bacs pour piétons et un grand pour voitures. Dans celui-ci la machine à vapeur est disposée comme au bac de Fulton-Street, bien que le courant oblige, comme à Omaha, à amarrer le bateau parallèlement à l'axe du fleuve. Mais ici la berge est fixe; elle présente un glacis pavé de galets et incliné de 15 centimètres par mètre environ, au bas duquel les voitures trouvent un ponton relié par des passerelles mobiles d'une part avec la berge, d'autre part avec l'avant ou l'arrière du ferry-boat. Il n'y a de couvert sur le bateau que la chambre rectangulaire de la machine qui est au centre. Deux vastes plates-formes découvertes, réservées aux extrémités, peuvent recevoir chacune cinq ou six omnibus attelés de quatre chevaux, placés transversalement et de front, sortant d'ailleurs (quand on atteint l'autre rive) avec la

régularité d'une évolution militaire. Les voitures attelées de un ou deux chevaux seulement peuvent tourner sur ces plates-formes et venir se placer, à la suite les unes des autres, sur les plates-formes latérales qui longent la chambre de la machine.

4° Passage d'eau d'Oakland.

Le bateau sur lequel nous avons passé d'Oakland à San Francisco ne recevait pas de voitures. Ce n'était pas à proprement parler un ferry-boat; c'était un steamboat immense et somptueux.

B. — PASSAGES D'EAU POUR WAGONS.

Il n'y a pas de ferry-boats recevant des locomotives; mais aux passages d'eau de la Chine, de Détroit, de Saint-Charles et de Parkersburg, on embarque régulièrement et journellement des wagons de marchandises et de voyageurs.

Il existe aux États-Unis quelques autres bacs de moindre importance, par exemple celui d'Ogdensburg sur le fleuve Saint-Laurent et celui de New-London sur la rivière Connecticut; ils ne présentent, croyons-nous, aucune disposition particulière.

1° Passage d'eau de la Chine.

Le pont tubulaire de Montréal ne sert pas aux trains qui, de cette ville, se dirigent vers le lac Champlain et New-York. Ainsi que nous l'avons déjà dit, un chemin de fer amène les wagons au village de la Chine, où un ferry-boat les reçoit et les transporte sur l'autre rive.

Près d'atteindre le fleuve, la voie ferrée décrit une courbe qui l'amène dans une direction à peu près parallèle; puis un rebroussement la ramène en descendant au flanc de la berge. A l'extrémité inférieure d'une estacade inclinée se trouve un pont mobile analogue à celui de Fulton-Street et deux files de pieux moisés entre lesquelles le bateau, remontant le courant, vient s'emboîter; on l'amarre solidement dans une position telle que les deux rails disposés suivant son axe prolongent exactement ceux de l'estacade. Le pont mobile, légèrement soulevé par ses deux chaînes, s'abaisse sur celui du bateau; il n'a pas plus de 5 à 6 mètres de longueur, les variations de niveau du Saint-Laurent étant très-faibles en cet endroit.

Comme les rails occupent l'axe du bateau, on ne peut placer la machine au milieu, ainsi qu'on le fait pour tous les ferry-boats destinés aux voitures et aux

piétons. Cela conduit à un changement de système. On emploie des cylindres horizontaux comme à Omaha, on en place un en amont de chaque roue; en aval se trouve la chaudière correspondante avec son tuyau de cheminée. Les deux parties latérales du bateau sont ainsi occupées par deux longues chambres. La locomotive qui refoule le train pousse sur le bateau trois wagons de 15 mètres environ de longueur, savoir : un fourgon à bagages et deux wagons à voyageurs. Ces wagons sont calés en avant et en arrière. Là comme ailleurs les voyageurs sont libres de descendre à leurs risques et périls, et tout le monde le ferait probablement si la traversée devait être tant soit peu longue. Il reste assez d'espace pour circuler entre les wagons et les chambres des machines.

Quand le bateau a atteint l'autre rive, que le pont mobile s'est abaissé dessus et que l'amarrage est terminé, une locomotive préparée en haut de la berge tire les wagons au moyen d'une corde, s'y attelle ensuite et les emmène.

2° Passage d'eau de Détroit.

Le passage d'eau établi en face de la ville de Détroit, sur la rivière de même nom, est beaucoup plus important que celui de la Chine, car il relie le Great-Western du Canada avec le Michigan Central et fait ainsi partie de la ligne directe de New-York à San Francisco. Le bateau est plus large; il porte deux voies de fer au lieu d'une; on refoule successivement trois wagons sur chacune d'elles; le bateau conséquemment en emporte six à la fois. Un ferry-boat analogue fonctionne sur la rivière Saint-Clair, à la sortie du lac Huron.

L'inconvénient capital de ces passages d'eau consiste en ce qu'ils deviennent dangereux quand les rivières charrient des glaçons et impraticables quand elles sont prises. Aussi les remplace-t-on par des ponts dès qu'on peut le faire : il y a des ponts en construction à Omaha, à Saint-Charles, à Saint-Louis, à Parkersburg. A Détroit, c'est un tunnel par-dessous la rivière que l'on songe à établir. M. Chesbrough, ingénieur de la ville de Chicago, nous a montré plusieurs dessins d'une étude qu'il a faite dans ce but et qui a des chances d'être exécutée dans un avenir peu éloigné à raison de l'intérêt qu'elle présente pour les deux grandes lignes de chemin de fer qui viennent se souder à Détroit.

3° Passage d'eau de Saint-Charles.

Les grandes variations de niveau du Missouri ne permettent pas d'appliquer à Saint-Charles, comme à la Chine et à Détroit, le système d'une estacade fixe aboutissant à un pont mobile. D'après le souvenir un peu vague que nous en

avons gardé, la voie de fer descend avec une inclinaison de $\frac{1}{10}$ environ jusqu'au niveau des eaux basses. Le ferry-boat, que les eaux tiennent à une hauteur variable, vient se placer dans l'axe et au-dessus de la portion de voie immergée, de manière à la toucher par son avant; on raccorde alors les rails du pont avec ceux de la voie au moyen d'un tablier volant qu'on manœuvre à l'aide d'un treuil et d'un chevalet.

Au lieu de deux roues placées sur les côtés, il n'y en a qu'une placée dans l'axe et à l'arrière. Mais il y a toujours deux machines distinctes, qui agissent aux deux extrémités de l'arbre de la roue.

Au mois d'août 1870, tandis que s'achevaient les travaux du grand pont de Parkersburg, les wagons traversaient encore l'Ohio sur un ponton. On faisait descendre quatre ou cinq wagons obliquement au flanc de la berge à l'aide d'une locomotive qui refoulait tandis qu'on retenait avec les freins. Prolongée par une estacade en lit de rivière, la voie inclinée aboutissait à un long ponton ou bateau plat muni de rails, qu'un remorqueur emmenait ensuite. L'Ohio est une rivière très-calme; c'est probablement ce qui avait déterminé à adopter ici une solution particulière et plus simple.

Application éventuelle à la traversée du pas de Calais.

Quand nous quittâmes Paris au mois de juin 1870, la Compagnie du Chemin de fer du Nord se préoccupait d'idées émises touchant la création d'un grand port à Andresel, entre Boulogne et Calais, et la construction de bateaux qui, recevant les trains venus de Paris, les porteraient de l'autre côté du détroit, d'où ils gagneraient Londres sans transbordement et sans perte de temps. Le système, disait-on, fonctionnait en Amérique. M. Pétiet, directeur de l'exploitation, — M. Pétiet, que nous ne devions plus revoir, — nous avait demandé de lui faire connaître au retour notre opinion à cet égard.

Les 9 à 10 mètres de marée qu'on trouve à Andresel n'excèdent pas beaucoup en hauteur les crues du Missouri, et il ne semble pas que l'embarquement ou le débarquement des wagons, opérés soit par les moyens très-simples qui se pratiquent aux États-Unis, soit en recourant à des appareils de levage, doivent présenter de grandes difficultés techniques. L'opération est donc réalisable, et elle peut être avantageusement tentée pour des wagons chargés de marchandises. Mais vouloir supprimer le transbordement pour les voyageurs, c'est les assimiler

à des colis inaccessibles au mal de mer et insensibles à toute espèce de confort. Combien en trouverait-on qui fussent disposés à demeurer bloqués dans les wagons, sur une mer souvent un peu forte, plutôt que de circuler librement, durant une heure au moins de traversée, sur les plates-formes et dans les salons d'un grand navire?

Ce que l'on peut améliorer beaucoup, ce qui devrait être amélioré depuis longtemps, ce sont les paquebots. En augmentant au moins la largeur, on diminuerait le roulis, qui engendre la partie vraiment pénible du mal de mer. Nul doute que les voyages se multipliassent beaucoup entre la France et l'Angleterre si on allégeait le souci qui s'attache à la traversée; et on y arriverait sûrement par des aménagements plus confortables, que les voyageurs internationaux peuvent payer et payeraient sans hésiter.

En ce qui concerne la durée du transbordement, nous avons vu l'opération, bien réglée, s'effectuer en *cinq* minutes à Plattsburg, sur le lac Champlain, le steamboat étant bord à quai comme le train lui-même : ce délai fût-il doublé ou même triplé, qui pourrait sérieusement s'en plaindre?

Entre l'amélioration, largement comprise, des paquebots, et le projet d'embarquer les wagons même, nous serions tenté de dire qu'il y a la différence d'une solution américaine à une solution anglaise ou française. L'une serait réalisée en trois mois; qui peut dire pendant combien d'années l'autre sera inutilement débattue?

IIe SECTION. — CANAUX.

Développement actuel.

Le nombre des canaux qui existent aux États-Unis en 1870 est de 81 ; leur développement total est de. . . . . 7.580 kilom.
leur longueur moyenne de.. 94

Le nombre des rivières *canalisées* au moyen de barrages et d'écluses est de 16. La canalisation présente un développement total de. . . . . 3.025 kilom.
ce qui fait en moyenne par rivière. 189

La chute totale rachetée par les canaux et les rivières canalisées est de 6.741m,72. Le nombre total des écluses est de 2.567. Leur chute moyenne est conséquemment de 2m,63.

Additions projetées.

D'autres canaux, d'autres canalisations, sont à l'état de projets en 1870. L'importance en est approximativement indiquée par les chiffres suivants, que nous empruntons à un rapport des ingénieurs du gouvernement :

	CANAUX.	RIVIÈRES.
Nombre.	10	3
Longueur totale.	1.423k	715k
Longueur moyenne..	142	238
Chute totale à racheter..	2.813m	
Chute par kilomètre.	1 ,31	
Nombre des écluses..	1.086	
Chute moyenne des écluses..	2m,59	

Nous avons été déjà conduit, dans le chapitre des Chemins de fer, à donner incidemment quelques détails sur des canaux qui concourent à l'écoulement des charbons de la Pennsylvanie centrale. Nous en avons donné d'autres en parlant des grands cours d'eau du bassin du Mississipi et de celui du Saint-Laurent. Nous allons maintenant aborder directement la question des voies d'eau entièrement artificielles. Il nous suffira de décrire l'important réseau des canaux

de l'État de New-York pour faire connaître ce qu'est devenue en Amérique cette branche des travaux publics. Mais d'abord, procédant comme nous l'avons fait pour les Chemins de fer et pour les Rivières, et prenant la question technique à un point de vue général, nous parlerons sommairement des ouvrages d'art spéciaux que l'établissement des canaux nécessite.

§ 1. — OUVRAGES D'ART SPÉCIAUX.

I. — ÉCLUSES DE CHUTE.

Fondations.

Il est de règle aux États-Unis de fonder les bajoyers des écluses sur une plate-forme générale en charpente quand on ne peut pas les asseoir sur un rocher incompressible et inaltérable.

Cette plate-forme est essentiellement formée de traverses recouvertes d'un plancher de 0m,05 d'épaisseur. Les traverses ont de 0m,25 à 0m,30 d'équarrissage et sont séparées par des vides de 0m,10 à 0m,30; elles dépassent de quelques centimètres par leurs abouts le parement caché des bajoyers; bien calées sur une couche de gravier, elles reposent souvent en outre sur plusieurs cours de semelles longitudinales, supportées au besoin par des pieux. Dans l'intervalle des deux bajoyers on ajoute un second plancher de même épaisseur que le premier et dont les madriers sont dressés sur les rives et aux extrémités, de façon à former des joints étanches.

Il n'y a pas d'autre radier que ce plancher-là. Nous ne pensons pas qu'on en fasse en maçonnerie.

Trois ou quatre files de palplanches jointives contribuent à prévenir l'infiltration de l'eau sous la fondation. On creuse au besoin, pour les enfoncer suffisamment, des fossés transversaux, qu'on remblaye ensuite avec un corroi bien pilonné.

Bajoyers.

Il y a des écluses tout *en bois*, il en existe sur le canal Chemung par exemple. Les bajoyers sont alors des coffres à enceinte massive comme ceux des *cribworks*. Un double bordage appliqué du côté du sas a spécialement pour objet d'assurer l'imperméabilité. De telles écluses peuvent convenir pour de petites

retenues en lit de rivière ou bien quand on construit un canal à travers une forêt, quand les carrières sont trop éloignées ou qu'on n'est pas sûr de la qualité des pierres. En tout cas, elles ne sont guère compatibles avec des chutes atteignant 3 mètres.

Les écluses en *maçonnerie* (stonelocks) ont des bajoyers comme les nôtres avec leur radier en bois.

Les écluses mixtes (*composite locks*) ont des bajoyers en pierres sèches avec un simple parement en bois, un parement formé de poteaux verticaux et d'un double bordage. On admet ce système sur quelques embranchements du canal Érié, où la pierre est de qualité inférieure ou d'échantillon trop faible ; les bateaux d'ailleurs y sont moins grands, moins lourds, moins nombreux : le revêtement en charpente y est moins fatigué, les chômages nécessaires pour le renouveler ont moins d'inconvénients. Mais le long de l'artère principale du canal Érié, les carrières sont bien distribuées et facilement accessibles; la pierre est facile à extraire et à travailler, elle n'est pas gélive, et elle forme avec le ciment hydraulique des massifs imperméables. On ne doit plus y admettre, suivant les ingénieurs, que des écluses en maçonnerie.

En mars 1863, pendant la guerre de la Sécession, la Législature de l'État de New-York demanda ce qu'il en coûterait pour établir, à côté de chacune des écluses du canal Érié, une écluse nouvelle où l'on pût faire passer des canonnières. Ces nouvelles écluses devaient avoir 7^{m},93 d'ouverture et 68^{m},62 de longueur de sas, le mouillage restant fixé à 2^{m},13. L'estimation était demandée dans la triple hypothèse d'écluses en maçonnerie, d'écluses en charpente et d'écluses mixtes. Séparément faite pour chacune des 46 écluses du versant de l'Hudson (qui a 130^{m},22 de hauteur totale), elle a donné en *moyenne* les résultats suivants :

	EN MAÇONNERIE.	EN CHARPENTE.	MIXTES.
	francs.	francs.	francs.
Par écluse.	398.114	330.827	324.573
Par mètre de chute rachetée. . . .	140.676	116.900	114.690
RAPPORT.	1	0,83	0,82

Les prix adoptés comme bases de cette estimation étaient supérieurs de 50 pour 100 aux prix appliqués pendant les trois années précédentes (1860-1863)

au même genre de travaux. La faible différence de ces estimations justifie surabondamment la préférence à peu près exclusive que les ingénieurs accordent aujourd'hui aux écluses en maçonnerie.

Il est de règle de donner un fruit de $\frac{1}{10}$ environ au parement intérieur des bajoyers.

On les raccorde habituellement avec les digues d'aval par des murs en aile. D'ailleurs plusieurs écluses assez récemment construites ont été rapprochées du chemin de halage par une brisure de l'axe du canal. Cette disposition, qui n'a pas d'autre inconvénient que de supprimer la symétrie des abords, doit faciliter sensiblement l'entrée et la sortie des bateaux. La dix-septième écluse du canal d'Oswego, dont le dessin figure dans notre atlas, a été reconstruite ainsi en 1862.

Murs de chute.

Il y a toujours, même dans les écluses en rivière, un mur de chute et un avant-mur de chute. Ce sont deux petits murs indépendants, à double parement vertical, qu'on pose sur le plancher d'un bajoyer à l'autre. L'intervalle qui les sépare reste vide et simplement recouvert par un plancher imperméable.

Le mur de chute a 4 ou 5 pieds de hauteur (de $1^m,20$ à $1^m,50$). L'avant-mur s'élève quelquefois plus haut. — Celui-ci se fait toujours en maçonnerie, tandis que le mur de chute, dans le type actuellement admis sur le canal Érié, se réduit à un cadre en charpente. Si ce mur de chute est en maçonnerie, on y ménage d'un parement à l'autre des ouvertures permettant à l'eau de passer de l'amont à l'aval. Nous verrons tout à l'heure dans quel but.

Buscs.

Les buscs sont ordinairement en bois de chêne. Ce sont des fermes formées d'un entrait, de deux arbalêtriers et d'un ou plusieurs poinçons. On boulonne le busc d'amont sur le mur de chute et celui d'aval sur la plate-forme de fondation de l'écluse.

Remplissage du sas.

Les sas, petits ou grands, se remplissent incomparablement plus vite qu'en France. Il y a quelquefois une ou deux ventelles logées dans les portes d'amont et surtout dans celles d'aval, mais elles ne concourent qu'accessoirement aux opérations de remplissage et de vidange, lesquelles s'opèrent par des orifices spéciaux. Le plancher de la chambre d'amont est évidé, sur une partie plus ou moins grande de sa surface, par des ouvertures qu'on ferme à l'aide de vannes. Ces vannes tournent autour d'un axe horizontal médian et parallèle à l'axe de l'é-

cluse: elles se tiennent à peu près verticalement quand elles sont ouvertes et horizontalement quand elles sont fermées. On les manœuvre, du haut de l'un des bajoyers, à l'aide de leviers dont le mouvement se transmet par des pignons et crémaillères à des tiges descendant dans l'enclave et se reliant au bas, par de petits leviers coudés ou mouvements de sonnette, à autant de tiges horizontales qui commandent séparément chacune des vannes. La section d'écoulement est considérable; l'eau arrive sans jet dans le sas, sur toute la largeur à la fois, et parallèlement à l'axe, de sorte que les soubresauts imprimés au bateau par la masse liquide qui le soulève n'ont rien de compromettant.

Ce mode de remplissage, qui se lie à l'indépendance des deux murs de chute, est digne de la plus sérieuse attention.

Vidange du sas.

La vidange du sas s'opère concurremment par les ventelles des portes d'aval et par deux aqueducs ménagés dans les bajoyers et partant des enclaves des portes. Ce procédé est connu en principe, mais nous avons entendu signaler deux dispositions propres à en augmenter beaucoup l'efficacité. La partie longitudinale de l'aqueduc d'évacuation est nécessairement étroite; mais l'eau y afflue par une série de passages transversaux, librement ouverts dans toute la longueur de l'enclave, et d'autre part on lui donne une grande hauteur : on augmente ainsi la section d'écoulement et par suite le débit. Et comme une ventelle unique de hauteur pareille serait très-difficile à manœuvrer, on en place trois l'une au-dessus de l'autre; ce sont encore des ventelles mobiles autour d'axes horizontaux ; elles sont commandées par des tiges verticales qu'un levier permet de manœuvrer du haut d'un puits ménagé dans le bajoyer, un peu en aval du chardonnet.

PORTES D'ÉCLUSES.

1° Porte à rabattement.

Les anciennes portes busquées en bois et à balancier sont encore celles qu'on emploie ordinairement. Cependant on a commencé depuis longtemps à leur substituer, pour l'amont des écluses, un vantail unique, mobile autour de sa base, et se rabattant vers l'amont. Cette substitution, adoptée aujourd'hui en principe sur le canal Érié et réputée excellente par toutes les personnes que nous avons consultées, paraît appelée à se généraliser. C'est pour nous une nouveauté véritable.

Une fermeture analogue avait été adoptée, il y a trente ans déjà, pour les écluses du canal qui réunit les rivières Sandy et Beever (État d'Ohio). Ces écluses

ont 4m,57 d'ouverture et 1m,83 de chute. Le mur de chute est formé d'un seuil en charpente de 0m,45 d'épaisseur. La porte, manœuvrée à l'aide d'une chaîne et d'un treuil établi sur l'un des bajoyers, se rabat sur un second seuil formé de deux poutrelles superposées.

Le type représenté dans notre atlas a été récemment appliqué à l'écluse n° 39 du canal Érié. Voici les dimensions les plus intéressantes :

Largeur du sas	au fond	5m,10
	en haut	5 ,80
Saillie verticale du busc d'aval		0 ,535
Hauteur d'eau normale		2 ,135
Chute		3 ,020
Hauteur des couronnements au-dessus du plan d'eau d'amont		0 ,610
Ce qui donne pour la hauteur totale des bajoyers		6 ,100

Ainsi cette écluse se rapproche par ses dimensions du type le plus usité en France. — L'avant-mur de chute a 1m,75 d'épaisseur et 3m,12 de hauteur; il s'élève jusqu'à 0m,23 en contre-bas du plafond du bief supérieur. En aval de ce mur est une sorte de grand coffre en charpente ayant 3m,50 de longueur suivant l'axe de l'écluse. C'est sur ce coffre que la porte est posée et se rabat. On la redresse au moyen d'une chaîne sans fin fonctionnant dans une des enclaves, tout contre le bajoyer : cette chaîne est fixée à la tête de la porte, à deux poulies de renvoi et à l'arbre d'un treuil. La porte redressée reste un peu en deçà de la verticale, de sorte qu'elle retombe par son propre poids dès que le sas est plein.

Cette porte consiste essentiellement en un bâti rectangulaire qui a 7 montants et deux traverses seulement, y compris celle qui forme charnière. La traverse supérieure est renforcée de façon à constituer une sorte de poutre armée ou de ferme basse. Un double platelage masque les cinq montants intermédiaires. Les vides intérieurs sont remplis de pierrailles. La porte se ferme en s'appliquant tout simplement sur des montants fixes à face plane.

Les orifices ménagés dans le plancher de la chambre d'amont pour le remplissage du sas sont au nombre de quatre. Ils ont 0m,75 de largeur et 1m,20 de longueur parallèlement à l'axe de l'écluse.

Les avantages de ce genre de porte sont évidents :

1° Avec une hauteur égale à celle des portes busquées, la porte à rabattement a moins de longueur.

2° Elle est de construction bien plus simple.

3° Elle est d'une manœuvre plus facile et plus rapide.

4° Elle permet de ne donner à la chambre d'amont qu'une longueur égale à la hauteur de la porte, tandis qu'avec les portes busquées cette longueur doit excéder un peu la largeur du vantail, largeur qui croît avec l'ouverture de l'écluse. Si, au lieu d'écluses de $5^m,20$, on raisonnait sur des écluses de $7^m,80$ comme celles de la Marne ou de 12 mètres comme celles de la Seine, on trouverait de ce seul chef une économie sensible.

2° Portes pleines du Canada.

Les ingénieurs canadiens ont adopté depuis une trentaine d'années un nouveau mode de construction pour les portes busquées des écluses de 45 pieds d'ouverture [13,72] qui existent sur le canal Welland et sur les canaux du Saint-Laurent. Ils suppriment le poteau tourillon, le poteau busqué, le bordage, et forment la porte de traverses superposées, en ménageant simplement les vides nécessaires pour y loger deux ventelles. Deux traverses consécutives sont reliées ensemble par des goujons; et cinq grands boulons verticaux, terminés par un pas de vis à leurs deux extrémités, relient toutes les traverses ensemble. Ces traverses sont aplanies à la machine pour que leurs joints soient étanches, et les extrémités sont taillées pour s'adapter contre le chardonnet et contre le bord du second vantail. — M. Samuel Keefer, ingénieur en chef du département des travaux publics du Canada, qui a pris l'initiative de cette modification dans le mode d'établissement des portes, y trouve les avantages suivants : 1° Économie de près de 50 pour 100 tenant, d'une part, à ce que la plus grande partie de la porte est faite en bois de sapin au lieu de chêne; d'autre part à ce qu'on a supprimé les assemblages et les ajustages dispendieux; — 2° Simplicité de construction, facilité de modifier les portes pour les adapter à des écluses de chutes différentes; — 3° Solidité surabondante pour les plus fortes chutes; — 4° Propriété de flotter sur l'eau, ce qui facilite la pose.

Ce système a évidemment une valeur particulière au Canada, où les bois sont abondants et à bon marché. Toutefois on a conservé l'ancien mode de con-

struction pour les portes des écluses de 8^{m},08 d'ouverture qui existent dans la partie centrale du canal Welland.

3° Grandes écluses du Mississipi.

Nous avons dit dans le cours de ce Rapport que les écluses destinées à améliorer la navigation du Mississipi et de ses affluents principaux doivent désormais avoir une longueur de sas de 100 mètres environ et une largeur de 20 à 25 mètres, peut-être plus. Cette largeur est de 24^{m},40 sur le canal que l'on est en train de reconstruire entre Louisville et Portland, au droit des *chutes* de l'Ohio. Les dimensions correspondantes pour les portes busquées sont 13^{m},11 de largeur et 7^{m},32 de hauteur. La Commission chargée d'étudier le projet d'amélioration des rapides des Moines, en proposant la même ouverture d'écluse, se préoccupait de la construction et de la manœuvre de ces vantaux gigantesques. La manœuvre doit s'opérer, suivant un système bien connu en France et encore employé au canal du Midi, au moyen d'un cabestan et d'un archet, c'est-à-dire d'une longue pièce de bois et d'un câble. Quant à la construction, on y introduirait, paraît-il, un élément nouveau : afin de prévenir l'affaissement du vantail et la fatigue qui en résulte pour les assemblages, on soutiendrait le pied du poteau busqué par de fortes barres inclinées, fixées au sommet d'un support indépendant en fonte, à l'aplomb du poteau tourillon, mais à 2 ou 3 mètres au-dessus du couronnement de l'écluse. Ce support serait lui-même retenu en arrière par des barres d'amarre inclinées et scellées dans la maçonnerie. Un tenseur à vis serait naturellement intercalé dans chacun des tirants d'avant et d'arrière. Le vantail se trouverait ainsi équilibré, soutenu comme la volée d'un pont-tournant. La suppression du galet de roulement que l'on place en Europe sous les grands vantaux et de la résistance de frottement qu'il engendre est évidemment de nature à faciliter et accélérer sensiblement la manœuvre.

Ventelles tournantes.

Presque toutes les ventelles que nous avons vues aux États-Unis et au Canada soit dans les portes d'écluses, soit dans des pertuis spéciaux, — au lieu de glisser verticalement sur des châssis fixes, — tournent autour d'une charnière horizontale, placée vers le milieu de la hauteur. L'universalité de cette disposition mérite d'être remarquée ; on peut en conclure que les ventelles tournantes constituent une fermeture suffisamment étanche, et la manœuvre pourrait bien en être plus facile et plus rapide que celle des ventelles à glissement.

II. — ÉCLUSES DE PESAGE.

L'importance des droits payés sur les canaux américains a conduit à essayer plusieurs modes de constatation du tonnage. Le système qui a jusqu'ici donné les meilleurs résultats consiste à peser directement, sur une sorte de pont à bascule, les bateaux chargés dont on a préalablement déterminé le poids à vide. On les fait arriver à cet effet dans un sas compris entre deux paires de portes qui sont busquées en sens contraire. Ce sas étant vidé, le bateau repose sur une plate-forme suspendue par des tiges et par un système de leviers. On peut considérer comme un bon type l'écluse de Waterford (canal Champlain), mise en service le 1er juillet 1862, et dont on trouvera le dessin dans les documents-annexes.

Un ingénieur proposait, la même année, de remplacer par un grillage en fer le grillage en bois de l'écluse de pesage de Syracuse. On économiserait ainsi, disait-il, un temps notable; car, sur les quatre minutes ordinairement nécessaires pour vider le sas, deux sont employées à laisser écouler complétement l'eau qui séjourne sur le grillage. Il ajoutait qu'on pourrait probablement réduire l'épaisseur de ce grillage de 0m,30 à 0m,15, et qu'en portant la longueur de 22m,87 à 27m,45 on s'affranchirait des précautions qu'il faut prendre pour que des bateaux de 29m,49 présentent une égale saillie de 3m,31 aux deux extrémités.

Deux écluses de pesage projetées alors étaient estimées ainsi qu'il suit, savoir :

A Buffalo, pour les bateaux chargés. . . . . 400.000 fr.

A Black-Rock, pour les bateaux légers. 120.000

Sur les canaux de l'État de New-York, le service du pesage et de la perception des droits a coûté 450.544 francs en 1868. Le pesage occasionne aux bateaux une double perte de temps parce qu'ils ont souvent à attendre leur tour. Cette mise à sec est d'ailleurs préjudiciable à leur conservation et abrége leur durée de service. Par ces raisons diverses, on est toujours en quête de procédés meilleurs. L'Auditeur des canaux de l'État de New-York nous exprimait son étonnement de ce qu'en France on se met si facilement d'accord sur le poids correspondant à un enfoncement déterminé des échelles fixées au flanc du bateau.

III. — PONTS-CANAUX.

Le type adopté pour les ponts-canaux du canal Érié consiste en une bâche en charpente reposant sur des piles en maçonnerie. Sur l'un des côtés règne un chemin de halage qui peut être supporté par des voûtes. L'intervalle des piles est de 6 à 7 mètres.

On peut voir dans les documents-annexes le dessin d'un pont construit en 1868 pour le canal Champlain sur le Wood-Creek (Rivière du Bois). La cuvette en charpente a 15^{m},25 de largeur dans œuvre et 16^{m},16 entre les deux murs qui la bordent. Elle franchit un espace de 6^{m},10 et s'avance de 1^{m},04 sur chaque culée. Le fond est formé d'un double plancher fixé sur des longrines dont l'intervalle est égal aux deux tiers environ de leur épaisseur. Les côtés de la bâche sont composés d'un double bordage réunissant le fond avec une longrine supérieure de 0^{m},45 de largeur et 0^{m},22 de hauteur.

Il existe à Jackstown, sur la Juniata (canal de Pennsylvanie), un pont-canal dont la bâche est supportée par deux hautes poutres métalliques du système Murphy-Whipple.

Nous avons déjà dit en parlant des ponts suspendus que le système de la suspension a été appliqué par M. John Roebling à des ponts-canaux. En 1845, il construisit sur l'Alleghany un pont-canal de sept travées de 49^{m},41 d'ouverture, les deux câbles en fil de fer ayant 0^{m},18 de diamètre. De 1848 à 1850, il en construisit quatre autres pour le canal de la Delaware à l'Hudson : les ouvertures variaient de 35^{m},02 à 51^{m},85 et le diamètre des deux câbles de 0^{m},18 à 0^{m},24.

Ces deux modes d'établissement des ponts-canaux méritent d'être remarqués pour le cas où l'on aurait un grand intérêt à espacer les points d'appui le plus possible.

---

§ 2. — LES CANAUX DE L'ÉTAT DE NEW-YORK.

Ire PARTIE. — CONSTRUCTION.

I. — SITUATION GÉOGRAPHIQUE.

Le canal Érié part de l'Hudson près d'Albany et se dirige vers l'ouest en remontant la vallée du Mohawk jusqu'à Rome, puis se développant parallèlement à la rive méridionale du lac Ontario. Il aboutit par unr etour vers le sud au lac Érié, à Buffalo, après un parcours de 564 kilomètres.

Du côté du nord, il présente quatre embranchements qui le relient avec le lac Champlain, avec la rivière Black, avec le lac Onéida et avec le lac Ontario. Du côté du sud, il en présence trois autres qui le relient avec la rivière Susquehanna, avec les trois petits lacs Cayuga, Seneca, Crooked et la rivière Chemung, enfin avec la rivière Alleghany. Ces embranchements, auxquels se rattachent plusieurs portions de rivières canalisées et des rigoles d'alimentation navigables, ont une longueur totale de 895 kilomètres.

Si au réseau des canaux on ajoute la rivière Hudson, qui l'unit à New-York, et les cinq lacs intérieurs, le développement total de cet ensemble de voies navigables s'établit ainsi qu'il suit :

Canaux.	1.460 kilom.
Rivière Hudson, de New-York à Waterford (descente en rivière du canal Champlain, à 19 kilomètres en amont de l'embouchure de ce canal dans le canal Érié).	251
Lac Champlain, de Whitehall (extrémité nord du canal Champlain) à Rouse's Point (extrémité nord du lac, à la rencontre du 45e parallèle, frontière des États-Unis et du Canada).	179
Lac Onéida.	35
Lac Cayuga.	63
Lac Seneca.	56
Lac Crooked (*Crochu*).	30
TOTAL.	2.074 kilom.

Le lac Champlain, comme nous l'avons déjà dit, déverse ses eaux dans la rivière Richelieu, affluent du Saint-Laurent. Les quatre autres lacs se déchargent aussi du côté du nord : leurs eaux réunies tombent à Oswego dans le lac Ontario[1].

II. — TRAGÉ, PROFIL EN LONG ET ALIMENTATION DES CANAUX.

1° CANAL ÉRIÉ.

Dès l'année 1768, le gouverneur de la colonie anglaise de New-York avait proposé à la législature d'améliorer la navigation de la rivière Mohawk, affluent de l'Hudson, par des écluses semblables à celles du canal du Languedoc en France. Cette proposition n'eut pas de suites. Quarante ans plus tard, l'importance, chaque jour mieux comprise, des besoins à satisfaire conduisit à construire une voie d'eau entièrement artificielle et aboutissant non-seulement au lac Ontario, mais aussi au lac Érié. Commencé en 1817, le canal Érié fut terminé et ouvert en 1825. Mais, dès cette époque, il était certain qu'on lui avait donné des dimensions insuffisantes. Dans l'intervalle de 1835 à 1862 on l'a remanié complétement en l'élargissant, augmentant la profondeur d'eau, et allongeant les écluses, qu'on a d'ailleurs doublées sur beaucoup de points. Il est probable que ce remaniement ne sera pas le dernier. Époque de construction

Avant de quitter la profonde vallée de l'Hudson pour s'élever sur le plateau qu'arrose le Mohawk, le canal Érié remonte d'abord vers le nord, d'Albany à West-Troy, par deux biefs de 11 kilomètres de longueur totale : c'est là, en aval de la 3e écluse, que vient aboutir le canal Champlain. Le canal Érié gravit ensuite le coteau de rocher schisteux au moyen de 16 écluses étagées sur une Tracé et profil en long.

[1] La rivière Mohawk et quatre des petits lacs qui sont reliés avec le canal Érié dans la partie occidentale de l'État de New-York perpétuent le nom de cinq tribus indiennes qui vinrent s'établir sur leurs bords quand elles furent expulsées du Canada par les Français : c'étaient les Mohawks, les Onéidas, les Cayugas, les Senecas et les Onondagas. Le petit lac Onondaga (voisin de Syracuse) était leur centre politique. Ces tribus constituaient la Confédération des Iroquois ou les Cinq-Nations ; il n'y en avait pas de plus puissante au milieu du siècle dernier parmi les peuplades de l'Amérique du Nord. Belliqueux et féroces, les Iroquois ont été les plus redoutables ennemis de la colonie française. Ils étaient en même temps la terreur des autres tribus répandues originairement sur les rives des grands Lacs jusqu'au Mississipi, jusqu'aux contrées sur lesquelles dominaient les Sioux ou Dakotas, « ces Iroquois de l'Ouest, » suivant une qualification des jésuites.— (Voy. l'*Histoire du peuple américain et de ses rapports avec les Indiens*, par M. Aug. Carlier. Paris, 1864.) — D'après le recensement du 1er juin 1870, il existe encore 439 Indiens dans l'État de New-York.

longueur de 24 kilomètres; il arrive ainsi à 55^{m},44 de hauteur au-dessus de la marée à Albany. Sa pente devient dès lors et demeure très-douce (sauf sur quelques points exceptionnels) jusqu'à Buffalo. Quand on fait le même trajet en chemin de fer, côtoyant constamment le canal, aucune grande tranchée n'indique qu'on passe du bassin de l'Hudson dans celui du Saint-Laurent.

A 3 kilomètres à l'ouest de la 18e écluse (38 kilomètres d'Albany), le canal traverse le Mohawk par le plus grand pont-canal de toute la ligne, mais c'est pour revenir sur la rive droite à 19 kilomètres plus loin, et il ne la quitte plus. A Little-Falls (140 kilomètres d'Albany), il passe par la gorge que la rivière s'est ouverte à travers l'une des crêtes de rocher de la chaîne des Alleghanys. A Utique (ville de 28.804 hab. à 40 kilomètres plus loin), on atteint le bief de partage, ayant franchi par 46 écluses une hauteur totale de 130^{m},22. Ce bief, qui s'étend d'Utique à Lodi, a 90 kilomètres de longueur; c'est après le bief de Rochester le plus long de la ligne. Utique, en aval de la 46e écluse, est le point de départ du canal du Chenango; Rome (ville de 11.000 hab. à 198 kilomètres d'Albany) est le point de départ du canal de la rivière Black. Rome correspond à un point d'inflexion dans la direction générale du canal Érié et surtout du Mohawk, cette rivière remontant brusquement vers le nord. C'est là aussi que nous avons quitté le New-York Central Railroad pour prendre le chemin de fer qui s'élève vers Watertown et Ogdensburg.

C'est encore du bief de partage, à Higginsville, que part le court embranchement qui descend du canal Érié dans le lac Onéida.

A l'ouest du bief de partage, le canal Érié se développe parallèlement au lac Ontario, sur trois cents kilomètres de longueur, dans une plaine fort peu accidentée, avec un horizon à perte de vue. Trois écluses, séparées par deux biefs très-courts, conduisent d'abord à la belle ville de Syracuse (43.051 hab.), point de départ du canal qui aboutit au lac Ontario à Oswego. Le bief de Syracuse, qui reçoit à la fois les eaux des deux écluses n°s 49 et 50 (entre lesquelles il est compris), les déverse dans le lac Onondaga, d'où elles s'écoulent par la rivière Oswego. Ce bief de 3 kilomètres de longueur est suivi de trois autres de 27, 14 et 20 kilomètres, dont le premier est un nouveau bief de partage. Ainsi, après être descendu de 8^{m},22 du bief de Rome à celui de Syracuse (ce qui met celui-ci à l'alti-

tude de 122 mètres), on remonte de $2^m,09$ pour redescendre de $1^m,68$ à l'écluse de Jordan (la 51e) et de $3^m,35$ à celle de Port-Byron, ce qui met le bief de Montezuma à l'altitude de $119^m,06$. On aurait évité ce bief de partage, avec les complications qui s'y attachent pour l'alimentation, en prolongeant le bief de Syracuse et déviant un peu le tracé vers le nord pour contourner plus commodément le massif situé dans l'angle des rivières Oswego et Seneca. Nous ignorons pourquoi on ne l'a pas fait.

Le bief de Montezuma, qui succède à celui de Port-Byron et s'étend sur 26 kilomètres de longueur vers l'ouest, est un bief *inférieur*, recevant à la fois les eaux des deux écluses extrêmes. Il franchit la rivière Seneca sur un grand pont-canal à l'ouest de Montezuma, puis traverse sur 11 kilomètres de longueur ce qu'on appelle les marais de Cayuga. Ce passage a été un des plus difficiles de la ligne à raison de la nature du sol, composé (sur une épaisseur de 9 à 18 mètres) d'une couche mouvante. On a, lors de l'agrandissement du canal Érié, modifié le profil en long en déplaçant le tracé. Au lieu de ce bief unique de 26 kilomètres, au tiers duquel se trouve le pont-canal de Richmond, il y en avait trois : celui du milieu, de 10 kilomètres de longueur, commençait un peu à l'ouest du pont-canal et il avait son plafond à 4 pieds en contre-bas du niveau des marais, à 7 pieds en contre-bas des eaux de débordement de la rivière Seneca. Le plafond du bief actuel de Montezuma est à 7 pieds plus haut.

A partir de l'écluse n° 53, le canal s'élève par la vallée de la Clyde jusqu'à Lyons, puis par celle du Mud-Creek jusqu'à Macedon. Il traverse par un remblai de 6 à 25 mètres de hauteur la vallée de l'Irondequoit, puis la rivière Genesee à Rochester (ville de 62.386 hab.). De Rochester à Buffalo il n'y a que deux biefs séparés par le groupe des cinq écluses échelonnées (*combined*) de Lockport. Le bief qui commence à $2^k,4$ à l'ouest de Rochester et s'étend jusqu'au pied de ces écluses a 102 kilomètres de longueur. Le plafond s'élève de $0^m,83$ d'une extrémité à l'autre, ce qui donne une inclinaison de $0^m,008$ par kilomètre. Cette inclinaison a eu pour but de faire qu'on pût alimenter le canal depuis le lac Érié jusqu'à la rivière Seneca, sur 229 kilomètres de longueur, avec l'eau du lac, sans recourir (sauf dans des circonstances exceptionnelles) à la rivière qui fait mouvoir les grandes usines de Rochester. Dans le même but, on a augmenté

les dimensions de la cuvette à l'amont du bief en les faisant varier graduellement.

A Lockport (517 kilomètres d'Albany), le canal s'élève de 17m,03 sur un parcours de 192 mètres. Il atteint ainsi l'altitude du lac Érié. Le bief intermédiaire a 50 kilomètres de longueur.

Alimentation. Voyons maintenant comment le canal est alimenté d'Albany à Buffalo.

En dessous de Little-Falls (39e écluse), il y a sur la rive gauche trois prises d'eau faites dans le Mohawk et sur la rive droite une prise d'eau faite dans la rivière Schoharie, celle-ci intercalée entre la 2e et la 3e. Elles alimentent respectivement des portions de canal de 14, 43, 40 et 29 kilomètres de longueur.

La partie supérieure du versant de l'Hudson, de Little-Falls à Utique, n'a qu'une prise d'eau faite sur la rive droite dans la rivière Ilion, ressource additionnelle à celles qu'il faut tirer du grand bief de partage.

Ce bief reçoit à Rome une dernière rigole dérivée du Mohawk. Le débit d'étiage de cette rivière doit être bien restreint en ce point élevé de son cours; mais on peut y ajouter le produit de grands réservoirs établis vers les sources de la rivière Black, sur le versant nord du canal auquel cette rivière donne son nom. — Le bief de Rome reçoit d'ailleurs sur la rive sud cinq rigoles dérivées de cours d'eau pérennes et les eaux emmagasinées dans deux réservoirs, celui de Ruyter notamment.

De Syracuse ou au moins de Geddes à l'écluse de Clyde, pour ces trois biefs de 68 kilomètres de longueur totale qui comprennent un point de partage, on n'a pas d'autre ressource importante que le lac-réservoir de Skaneateles. La rigole de Camillus, qui aboutit également au bief supérieur, est d'un faible secours dans la saison sèche. La prise d'eau d'amont de l'écluse de Port-Byron n'a déjà plus qu'une utilité restreinte.

Nous avons dit précédemment que tout le versant compris entre le lac Érié et la rivière Seneca était alimenté par les eaux du lac. La prise d'eau faite dans la Genesee à l'amont de Rochester et celle faite dans la rivière de l'Oak-Orchard ne peuvent être qu'accidentellement utilisées. Les eaux ne manquent évidemment pas ici; mais le long parcours qu'il faut leur faire faire dans le canal est un grave inconvénient. Nous avons dit comment on a cherché à atté-

nuer cet inconvénient dans le bief de Rochester. Pour en finir sur ce point de détail, ajoutons que les dimensions adoptées aux extrémités du bief sont les suivantes :

		EN AMONT DE ROCHESTER.	A LOCKPORT.
Largeur	au fond..	$16^m,10$	$24^m,10$
	à la surface de l'eau.. . .	21 ,65	29 ,89
Profondeur d'eau.		7 pieds $\frac{1}{4} = 2^m,21$	7 pieds $\frac{1}{2} = 2^m,29$

Laissant de côté l'écluse d'Albany, qui a $4^m,72$ de chute, et les cinq écluses échelonnées de Lockport, qui rachètent une chute totale de $17^m,03$, les 65 autres ont des chutes variées : $0^m,91$, — $1^m,72$, — $1^m,83$, — $2^m,11$, — $2^m,13$, — $2^m,28$, — $2^m,44$, — $2^m,75$, — $2^m,85$, — $3^m,05$, — $3^m,15$, — $3^m,35$, — $3^m,43$ et $3^m,50$. On ne s'est évidemment pas préoccupé des inconvénients que cette inégalité des chutes devait avoir pour l'alimentation ; on n'a pas remarqué, par exemple, qu'en donnant $3^m,15$ de chute à la 39e écluse (celle de Little-Falls), on subordonnait à ce nombre élevé le volume d'eau à tirer du bief de partage de Rome pour l'éclusage de tous les bateaux qui en sortent à destination de l'Hudson. On a donné tout aussi malencontreusement à l'écluse 52 une chute de $3^m,35$ double de celle de l'écluse 51. Enfin le système des écluses échelonnées, s'il n'est pas plus vicieux en lui-même à Lockport qu'à Béziers, par exemple, y a des inconvénients plus palpables pour les intérêts qui en souffrent, quoiqu'on ait doublé le système des cinq écluses. Chute des écluses.

La chute moyenne, qui n'offre qu'un intérêt purement statistique, est de $\frac{199^m,71}{71} = 2^m,81$.

Le tableau suivant fait connaître l'importance et le mode de distribution des prises d'eau. Quoique les transports aient lieu principalement à la descente, la navigation gagnerait probablement à ce qu'on s'arrangeât, par des travaux d'étanchement, de façon à ne pas introduire dans le canal des torrents d'eau aussi considérables. Distribution des prises d'eau.

ÉTAT DES RIGOLES OU CANAUX ALIMENTAIRES DU CANAL ÉRIÉ.

	DISTANCES D'ALBANY AUX POINTS D'INTRODUCTION DES EAUX DANS LE CANAL ÉRIÉ, EN MILLES.	INTERVALLES COMPRIS ENTRE CES AQUEDUCS D'ENTRÉE EN CANAL.		DÉBIT DES RIGOLES.	
		EN MILLES.	EN KILOM.	EN MILLIERS DE PIEDS CUBES PAR MINUTE.	EN MÈTRES CUBES PAR SECONDE.
1. Canal Champlain	11			6,6	3,30
2. Prise d'eau dans le Mohawk, rigole de Rexford Flats	26	15	24	11,0	5,50
3. Prise d'eau dans la rivière Schoharie	51	25	40	6,8	3,40
4. Le Mohawk, rigole de Rocky-Rift	78	27	43	10,6	5,30
5. Id. rigole de Little-Falls	87	9	14	12,6	6,30
6. Prise d'eau dans la rivière Ilion	98	11	18	0,8	0,40
7. Canal du Chenango (par son écluse inférieure)	110	12	19	0,9	0,45
8. Prise d'eau dans la rivière Butt	124	14	23	1,4	0,70
9. Le Mohawk, rigole de Rome	125	1	2	11,8	5,90
10. Canal de la rivière Black, à Rome	125	0	0	1,3	0,65
11. Prise d'eau dans la rivière Onéida	140	15	24	1,5	7,25
12. Id. dans la rivière Cowaselon	143	3	5	0,3	0,15
13. Réservoir d'Eriéville		9	14	2,1	1,05
14. Prise d'eau dans la rivière Chittenango	152			0,2	0,10
15. Réservoir du lac Cazenovia		6	10	2,6	1,30
16. Réservoir de Ruyter	158			4,0	2,00
17. Prise d'eau dans la rivière Limestone		3	5	0,2	0,10
18. Prise d'eau dans le Butternut, rigole d'Orville	161	14	23	0,5	0,25
19. Rigole dérivée de la rivière Camillus	175	10	16	1,5	0,75
20. Réservoir du lac Skaneateles	185	74	119	7,5	3,75
21. Rigole dérivée de la rivière Genesee	259	0	0	0,4	0,20
22. Canal de la vallée Genesee	259	44	70	0,9	0,45
23. Rigole dérivée de la rivière de l'Oak Orchard	303	47½	76	1,4	0,70
24. Le Lac Érié, à Buffalo	350½			35,0	17,50
TOTAUX				121,9	67,45

2° CANAL CHAMPLAIN.

Le canal Champlain, qui a 106 kilomètres de longueur, s'embranche sur le canal Érié à 11 kilomètres au-dessus d'Albany et remonte la vallée de l'Hudson jusqu'à Fort-Edward (68 kilom.); puis, tandis que la rivière dévie vers l'ouest, le canal conserve sa direction vers le nord jusqu'à ce qu'il atteigne, à Whitehall, la queue du lac Champlain. Fort-Edward est l'extrémité sud d'un bief de partage

de 19 kilomètres de longueur, placé à l'altitude de 45^{m},82, c'est-à-dire à 24^{m},78 au-dessus du lac.

Le canal Champlain est alimenté par une grande prise d'eau faite dans l'Hudson à Glen's-Falls, à 40^{m},26 au-dessus du bief de partage. La rigole alimentaire, de 11 kilomètres de longueur, compte 13 écluses dont on a r uni, en les échelonnant à la suite l'une de l'autre, les n°s 2 et 3, puis les n°s 6, 7, 8, 9 et 10. La 11e et la 12e écluse ont 3^{m},35 de chute ; toutes les autres ont 3^{m},05. — Cette partie supérieure du cours de l'Hudson est aujourd'hui couverte d'usines qui en utilisent la grande pente.

3° CANAL DE LA RIVIÈRE BLACK.

Le canal de la rivière Black, qui part de Rome à l' ıltitude de 130^{m},22, s'élève vers le nord avec la rivière Mohawk jusqu'au point de partage de Booneville, d'où il redescend dans la rivière lack à Lyons-Falls, à 56 kilomètres du canal Érié. Cette rivière est canalisée sur 68 kilomètres à la suite, jusqu'à Carthage, après quoi elle dévie vers l'ouest pour aller par Watertown se jeter dans le lac Ontario à peu de distance de l'origine du Saint-Laurent. Le chemin de fer par lequel nous avons été de Rome à Watertown, au lieu de suivre la voie navigable dans sa courbe concave vers l'est, décrit une courbe symétrique en se rapprochant du lac à travers des plaines où les roncs d'arbres calcinés, mais encore debout, des forêts primitives montrent que le défrichement est de date récente.

A 40 kilomètres seulement du canal Érié, le bief de partage de Booneville est à l'altitude de 338^{m},84, c'est-à-dire à 207 mètres plus haut. A la même distance du côté sud, le canal du Chenango, qui s'embranche à Utique (à 24 kilomètres de Rome), a son bief de partage à peu près à la même hauteur. La feuille d'assemblage des profils en long rend bien sensible aux yeux la dépression très-accentuée du col par lequel le canal Érié passe du bassin de l'Hudson dans celui du Saint-Laurent.

Une rigole alimentaire de 16 kilomètres amène à Booneville les eaux de la rivière Black et le produit de quatre étangs ou petits lacs transformés en réservoirs. Les approvisionnements qu'on peut créer ainsi vers les sources du Black et celles du Moose, affluent du Black en amont de Lyons-Falls, paraissent

susceptibles d'un accroissement considérable, précieux surtout en vue de l'avenir du canal Érié.

4° CANAL DU LAC ONÉIDA.

Un canal de 10 kilomètres de longueur et 18^{m},25 de pente totale rachetée par sept écluses relie le canal Érié avec le lac Onéida. La rivière du même nom, qui a 32 kilomètres, puis la rivière d'Oswego, complètent une première communication par eau entre le grand canal et la ville d'Oswego.

L'agrandissement de ce canal, ou plutôt l'établissement d'un canal tout nouveau à l'est du premier, est encore à l'état de projet voté par la Législature et attend une allocation de crédit pour l'exécution.

5° CANAL D'OSWEGO.

Le canal d'Oswego est, comme le précédent, un canal à une seule branche descendante, de 61 kilomètres de longueur. C'est de plus un canal latéral, latéral au lac Onondaga (on le reconnaît aux longs biefs de la partie supérieure), puis latéral à la rivière Oswego.

De tous les embranchements du canal Érié, celui-ci est le plus fréquenté.

Voilà les quatre canaux ou embranchements du nord. Nous allons passer en revue ceux du sud en rétrogradant de Buffalo vers Albany.

6° CANAL DE LA VALLÉE GENESEE.

Le canal qui emprunte son nom à la vallée de la rivière Genesee remonte cette vallée sur les quatre cinquièmes de sa longueur totale, qui est de 183 kilomètres. Il part de Rochester (de l'extrémité d'aval du grand bief), s'élève de 298^{m},64 et présente un bief de partage à l'altitude de 454^{m},15. On est là sur le faîte séparatif des bassins du Saint-Laurent et du Mississipi. Une branche descendante qui n'a que 22 kilomètres de longueur et 16^{m},16 de pente totale relie ce bief de partage avec la rivière Alleghany. Cette rivière est déjà navigable à Olean, embouchure du canal de la vallée Genesee; elle l'est même encore sur une certaine longueur en amont, ne présentant que des obstacles locaux comme ceux qui ont conduit à prolonger le canal latéralement sur 11 kilomètres de longueur, d'Olean à Mill-Grove.

L'Alleghany, qui descend à travers la *région de l'huile*, remonte à partir de Mill-Grove (en passant de l'État de New-York dans la Pennsylvanie) à travers les mines de houille de ce dernier État. A peu de distance vers le sud-est, se trouve le plus haut massif de la chaîne des Alleghanys en Pennsylvanie; de nombreux cours d'eau en descendent pour se répandre dans toutes les directions : au nord-ouest la Genesee et l'Alleghany, dont nous venons de parler, à l'est la Susquehanna (branche ouest) et le Chemung, affluent de la Susquehanna (branche nord). Ce sont les richesses minérales de cette contrée qu'on a voulu rattacher au canal Érié en construisant non-seulement le canal de la vallée Genesee, mais aussi le canal Chemung et celui du Chenango, dont nous parlerons tout à l'heure.

Nous avons vu qu'en s'éloignant du canal Érié, le canal de la vallée Genesee s'élève de 300 mètres. Cette élévation s'opère par 97 écluses se succédant sur une longueur de 140 kilomètres; mais elle est loin de s'opérer uniformément. La grande plaine de Rochester s'étend avec une pente insensible jusqu'à 66 kilomètres vers le sud. Du pied des collines qu'on rencontre alors part l'embranchement de Dansville (18 kilomètres de longueur). Sur un parcours équivalent le canal principal monte de 160 mètres au moyen de 49 écluses. Vient alors une sorte de palier de 60 kilomètres de longueur, puis un deuxième escarpement de 100 mètres de hauteur.

Le bief de partage est alimenté par une prise d'eau faite dans un ruisseau (Oil Creek) et par un réservoir. Un deuxième réservoir contribue à l'alimentation de l'escarpement supérieur. Dès l'origine du palier ou plan incliné de 60 kilomètres, on utilise les eaux de la Genesee.

7° CANAL CAYUGA AND SENECA ET CANAL CHEMUNG.

On a vu que le bief inférieur, dit des Marais ou de Montezuma, passe par un pont-canal à Richmond au-dessus de la rivière Seneca. De Montezuma part une courte branche qui descend du côté sud jusque dans cette rivière. Celle-ci, canalisée en amont, touche à la pointe nord du lac Cayuga et remonte jusqu'au lac Seneca. Vers le milieu de ce lac, on a construit un autre tronçon de canal qui monte à la pointe nord du lac Crooked. Ce n'est pas tout encore. De la pointe sud du lac Seneca part un canal à point de partage qui, après avoir

gravi un escarpement de 135 mètres analogue à ceux dont nous parlions tout à l'heure, n'a à redescendre que de 15 mètres pour joindre à Elmira le Chemung, affluent de la Susquehanna (branche Nord).

Les altitudes sont :

Pour le bief de Montezuma	119^{m},06
Pour le lac Cayuga	115 ,29
Pour le lac Seneca	134 ,50
Pour le lac Crooked	219 ,24
Pour le bief de partage du canal Chemung	269 ,70

Ce bief de partage est alimenté par une rigole navigable qui prend les eaux du Chemung à Corning, à 26 kilomètres en amont d'Elmira.

8° CANAL DU CHENANGO.

Le canal du Chenango part d'Utique, en aval de l'écluse supérieure du versant de l'Hudson. En moins de 40 kilomètres, il s'élève à un bief de partage qu'il atteint à l'aide de 76 écluses : les biefs n'ont ainsi qu'un demi-kilomètre en moyenne. Mais sur le versant méridional il y a moitié moins d'écluses sur une longueur triple. Le canal suit constamment sur ce versant la vallée du Chenango jusqu'à son embouchure dans la Susquehanna à Binghamton. Cette branche de la Susquehanna porte le nom de *branche de l'Est* jusqu'au confluent du Chemung, après quoi elle s'appelle *branche du Nord*. Il est depuis plusieurs années question de prolonger le canal du Chenango jusqu'à ce confluent en lui faisant traverser la rivière à Binghamton et l'établissant latéralement sur la rive gauche.

DÉTAILS SUR QUELQUES RÉSERVOIRS.

Réservoir de Ruyter.

Le réservoir de Ruyter, qui était en construction en 1862, est établi dans le haut de la vallée de la rivière Limestone, laquelle, après avoir traversé le canal Érié et le New-York Central Railroad, va se jeter dans le lac Onéida. Les eaux du réservoir s'écoulent par la rivière, d'où une rigole les amène dans le bief de partage de Rome, à 13 kilomètres à l'est de Syracuse. — La digue du réservoir

est en terre avec un diaphragme en corroi de même largeur que la plate-forme de couronnement ($6^m,10$) et un revêtement en pierres du côté d'amont. Sa hauteur maximum est de $21^m,87$. L'inclinaison des talus est de 2 de base pour 1 de hauteur à l'amont et de 3 pour 1 à l'aval. Dans le talus d'amont est intercalée une banquette de $1^m,83$ de largeur à $4^m,57$ en contre-bas du niveau maximum de l'eau et à $7^m,01$ en contre-bas du couronnement. — Une galerie inférieure, dont le plancher est supporté par quatre files de pieux, contient trois conduites d'évacuation de $0^m,56$ de diamètre. Ces conduites sont fermées par des robinets-vannes.

Digues-barrages.

On emploie fréquemment, pour des réservoirs de peu de profondeur établis sur des cours d'eau, des digues formées de bois et gravier. Des bois ronds, des arbres, justaposés parallèlement à l'axe du cours d'eau, sont superposés en lits faisant retraite les uns sur les autres et séparés du côté du gros bout (celui d'aval) par une traverse de $0^m,30$ sur $0^m,30$ qui donne aux lits une inclinaison croissante et maintient entre eux un vide qu'on garnit de pierres et de gravier. Un plancher de quelques mètres de longueur termine en haut le talus d'amont. — Ces digues se conservent bien quand elles sont constamment sous l'eau de la rivière qu'elles barrent.

Bief de partage de Jordan.

Jusqu'en 1859 le bief de partage de Jordan n'avait été alimenté que par le lac Skaneateles et par le Camillus, ruisseau sans importance en étiage : on ne disposait ainsi que de $4^{mc},50$ d'eau par seconde. L'écluse de Jordan n'ayant que $1^m,68$ de chute, tandis que celle de Port-Byron, qui est à 14 kilomètres à l'est, a une chute de $3^m,35$, il y avait un tirage d'eau supplémentaire de Jordan vers Port-Byron, et l'alimentation n'était qu'imparfaitement assurée. On fit un réservoir du lac Otisco, qui est situé à l'ouest du lac Skaneateles, à 18 kilomètres au sud de Marcellus. Ce réservoir a dû être mis en service en 1870. Il a un bassin alimentaire de 8.910 hectares, une surface de 891 hectares et une profondeur moyenne de $3^m,05$, ce qui fait une contenance de 27 millions de mètres cubes. Il pourra fournir près de $3^{mc}\frac{1}{2}$ d'eau par seconde pendant une période de 120 jours. Ces eaux se rendent au canal par le ruisseau de Nine-Mile et la rigole de Camillus. L'alimentation des biefs de Jordan et de Port-Byron se trouve ainsi largement complétée.

Réservoirs de la rivière Black.

Voici quelques dimensions relatives à trois réservoirs qui existent vers les sources de la rivière Black :

	SURFACE COUVERTE		PROFONDEUR	CONTENANCE
	QUAND LE RÉSERVOIR EST PLEIN.	EN MOYENNE.	MOYENNE.	ORDINAIRE, EN MILLIONS DE MÈTRES CUBES.
	hectares.	hectares.		
Réservoir de Woodhull, à l'est du bief de partage du canal de la rivière Black..	537	453	5,49	25,0
Réservoir de North-Branch, à l'est du même bief. (Il peut être rempli deux fois par an).. . . .	171	112	8,54	8,8
Réservoir de South-Branch, voisin des deux précédents.	210	151	7,93	12,0

III. — CAPACITÉ DES CANAUX.

Dimensions de la cuvette et des écluses.

Le tableau reporté à la page suivante fait connaître, avec les époques de construction, les dimensions variées de la cuvette et des écluses ainsi que le onnage des bateaux qui fréquentent les différentes portions du réseau.

A part quelques petites différences, on voit se dégager deux types de ce tableau, l'ancien et le nouveau :

Profondeur d'eau.	1m,22	2m,13
Largeur au fond..	8 ,54	17 ,08
Ouverture des écluses.	4 ,57	5 ,49
Longueur de sas.	27 ,45	33 ,55
Chargement moyen.	70t	210t

Le nouveau type est celui des trois canaux que l'on a agrandis, savoir : le canal Érié, le canal d'Oswego et celui des lacs Cayuga et Seneca. Si l'on compare ce type à notre canal de la Marne au Rhin, par exemple, on trouve un peu plus de largeur, un peu moins de longueur de sas, mais une profondeur d'eau beaucoup plus grande (2m,13 au lieu de 1m,60).

Profil transversal.

Lorsque le canal Érié fut agrandi, on adopta un profil en travers qui, dès l'année 1848, se trouvait exécuté sur 137 kilomètres de longueur. On le modifia le 17 février 1849. Le premier profil était évidemment mauvais. Les banquettes

NOM DU CANAL.	DATE DE LA LOI qui a ordonné les travaux.	DATE DE L'ACHÈVEMENT des travaux.	LONGUEUR en kilomètres.	DIMENSIONS du canal. Largeur à la surface.	DIMENSIONS du canal. Largeur au fond.	DIMENSIONS du canal. Profondeur d'eau.	ÉCLUSES. Nombre.	ÉCLUSES. Longueur du sas.	ÉCLUSES. Largeur.	CHARGEMENT MOYEN des bateaux.	CHARGEMENT MAXIMUM des bateaux existants.	CHUTE rachetée par les écluses. En totalité.	CHUTE rachetée par les écluses. En moyenne par kilom.
			kilom.	mètres.	mètres.	mètres.		mètres.	mètres.	tonnes.	tonnes.		
Canal Érié primitif.	1817	1825	584,18	12,20	8,54	1,22	83	27,45	4,57	70	76	»	»
Canal Érié agrandi.	1835	1862	564,06	21,35	17,08	2,13	72	33,55	5,49	210	240	199,71	0,35
Canal Champlain.	1817	1822	106,21	15,25	10,67	1,52	20	30,50	5,49	80	85	54,75	0,52
Id. rigole alimentaire de Glen's Falls.	1822	1837	19,31	15,25	10,67	1,52	12	30,50	5,49	80	85	40,26	2,09
Id. bief au-dessus du barrage de Troy.	1822	1837	4,83	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Canal de la rivière Black avec la rigole.	1836	1849	80,47	12,83	7,93	1,22	109	27,45	4,57	70	76	330,09	4,10
La rivière Black canalisée.	1849	1861	67,59	»	»	»	1	33,55	5,49	70	76	»	»
Canal du lac Onéida.	1832	1836	11,27	12,20	7,32	1,22	7	27,45	4,57	70	76	18,91	1,68
L'Onéida canalisé.	1839	1850	32,19	24,40	18,30	1,37	2	36,60	9,15	70	76	2,40	0,07
Canal d'Oswego primitif.	1825	1828	61,15	12,20	7,32	1,22	18	27,45	4,57	70	76	»	»
Canal d'Oswego agrandi.	1847	1862	61,15	21,35	17,08	2,13	18	33,55	5,49	210	240	47,23	0,77
Canal de Cayuga and Seneca primitif.	1825	1828	33,80	12,20	7,32	1,22	10	27,45	4,57	70	76	»	»
Canal de Cayuga and Seneca agrandi.	1836	1862	37,01	21,35	17,08	2,13	11	33,55	5,49	210	240	23,37	0,63
Canal du lac Crooked.	1829	1833	12,87	12,83	7,93	1,22	27	27,45	4,57	70	76	84,74	6,57
Canal du Chemung avec sa rigole.	1829	1831	62,76	12,83	7,93	1,37	53	27,45	4,57	85	90	153,99	2,45
Canal Baldwinville (Seneca canalisé).	1838	1839	12,07	12,20	7,32	1,22	1	27,45	4,57	70	76	2,44	0,20
Canal de la vallée Genesee.	1826	1861	200,75	12,83	7,93	1,22	112	27,45	4,57	70	76	344,00	1,71
Canal du Chenango.	1833	1836	157,71	12,20	7,32	1,22	116	27,45	4,57	70	76	310,01	1,97

de $0^m,61$ de largeur ménagées à $0^m,92$ sous l'eau ne répondaient nullement à la destination de nos banquettes de flottaison : elles n'avaient pour but que de maintenir des perrés, mais elles ne pouvaient résister au frottement des bateaux. Puis les bateaux chargés ne pouvaient approcher à moins de $5^m,49$ de la crête des digues. On ne tirait qu'un mauvais parti d'une largeur en gueule de $24^m,70$. En restreignant cette largeur à $22^m,87$ et donnant à des talus continus et perreyés une inclinaison de $1\frac{1}{4}$, on put porter de $12^m,81$ à $16^m,01$ (52 pieds $\frac{1}{2}$) la largeur de la cuvette au fond. Plus tard, on remarqua sans doute que du moment où l'on construisait des perrés, il n'en coûterait pas plus cher pour redresser les talus à 45° et porter la largeur du fond à 56 pieds ($17^m,08$), dimension adoptée en 1855. Les perrés, s'ils constituent une forte dépense, permettent de jouir intégralement et constamment de la largeur; ils permettent aussi d'admettre plus facilement les bateaux à vapeur et simplifient beaucoup l'entretien des terrassements.

Les banquettes avec petit mur subsistent encore dans quelques parties du canal Érié. On les fait peu à peu disparaître.

Dans la traversée des villes, la cuvette est comprise entre deux murs couronnés par une longrine que retiennent de petits pieux noyés en arrière dans le massif du remblai. Le mur repose en général, au niveau du plafond, sur un plancher recouvrant deux semelles longitudinales.

Dimensions des bateaux.

Le tableau ci-dessus produit fait connaître le tonnage possible et le tonnage moyen des bateaux qui fréquentent actuellement les canaux de l'État de New-York. Pour définir plus complétement ce point intéressant, nous donnons dans le tableau suivant le nombre et le tonnage possible des bateaux construits et enregistrés chaque année de 1859 à 1866.

TONNAGE.	1859.	1860.	1861.	1862.	1863.	1864.	1865.	1866.	TOTAL.
300. . .	»	»	1	»	»	»	»	»	1
280.. . .	»	»	«	2	»	»	»	»	2
250.. . .	2	2	15	3	»	»	4		42
240.. . .	»	»	5	1	»	1	3	40	54
230.. . .	»	»	2	2	3	3	4	28	42
225 . . .	»	»	12	28	2	11	4	24	81
220.. . .	»	3	41	87	69	30	19	43	294
210.. . .	»	»	5	16	»	»	»	»	21
200.. . .	4	33	169	298	254	98	45	68	987
195.. . .	»	»	1	2	»	»	»	»	.3
190.. . .	»	»	16		25	3	»	»	50
180,. . .	12	60	36	11	70	7	4	4	215
175.. . .	»	»	5	22	»	»	»	»	27
170.. . .	7	17	3	»	8	»	3	»	55
160.. . .	»	»	1	4			»	4	20
150.. . .	11	14	27	88	24	24	8	11	330
145.. . .	»	»	1	»	»	»	»	»	1
140.. . .	1	2	19	13	14	15		5	96
135.. . .	»	2	1	2	»	»	»	»	12
130.. . .	2	2	3	4	16	3	2	7	144
125.. . .	1	5	8		3	5	2	4	221
120.. . .	9	22	15	12	15	6	6	21	608
118.. . .	»	»	»	7	»	»	»	»	85
115.. . .	»	5	»	4	3	4	4	12	32
110.. . .	1	4	5	5	5	2	6	2	165
105.. . .	2	»	1	»	»	»	»	»	6
100.. . .	14	55	67	194	61	38	11	75	862
95.. . .	5	13	19	21	14	38	5	21	613
90.. . .	38	42	41	51	102		37	65	1125
85.. . .	8	35	25	1	8	4	2	2	303
80.. . .	25	49	43	4	18	9	8	6	1525
75.. . .	21	19	10	2	7	1	6	4	1533
70.. . .	16	4	5	1	10		6	4	923
65.. . .	4	2	2	»	»	»	»	»	555
60.. . .	8	3	6	»			3	4	773
55.. . .	10	»	»	»	»	»	»	»	343
50.. . .	1	2	2	2	5	1	1	1	528
45.. . .	3	2	»	1	6	3	»	»	187
40.. . .	»	1	1	»	»	»	»	»	168
35.. . .	»	1	»	1	»	»	»	»	41
30.. . .	»	»	»	1	9	»		»	73
25.. . .	«	»	1	3	»		»	»	30
20.. . .	»	»	1	1	4	1	1	1	31
15.. . .	1	»	»	»	»		»	»	12
10.. . .	1	2	»	»	»	»		»	16
5.. . .	1	1	»	2	1	»	»	1	12
2,. . .	»	»	»	»	»	»	2	»	5
TOTAUX.	208	402	615	903	771	399	200	465	12850

Pour les deux années 1867 et 1868 on a les chiffres suivants :

	1867	1868
Nombre total des bateaux.	520	387
Tonnage moyen.	155t	167t

De 1857 à 1868, dans un espace de douze ans, on a mis en circulation 5.420 bateaux représentant un tonnage total de 795.200 tonnes, ce qui fait en moyenne 452 bateaux par an avec un tonnage moyen de 147 tonnes. Les bateaux durent environ dix ans.

Le nombre total des bateaux en service dans le milieu de l'année 1869 était de 6.870.

Capacité de fréquentation des écluses.

La capacité de transport d'un canal dépend à la fois du tonnage des bateaux et du nombre des bateaux qu'on peut écluser en un jour. Peut-on craindre que, sous ce dernier rapport, le canal Érié ne devienne prochainement insuffisant? C'est là une question dont on s'occupe en ce moment. Des expériences faites en 1848 et 1849 ont montré que, sur le canal Érié, une écluse ordinaire en bon état, où toutes les dispositions sont prises à l'avance, peut être franchie en quatre minutes moyennement, savoir :

Pour faire entrer le bateau dans l'écluse, l'amarrer et fermer les portes.	1 minute ½.
Pour ouvrir les ventelles et vider l'écluse.	1
Pour ouvrir les portes et faire sortir le bateau.	1 ½.
TOTAL.	4 minutes.

A raison de quatre minutes par bateau, on pourrait en écluser 360 par vingt-quatre heures. Mais les résultats réellement constatés dans les circonstances ordinaires de la pratique sont plus concluants. Or le plus grand nombre d'éclusées qu'on ait atteint en un jour a été de 170 avec une écluse simple (ce qui fait huit minutes ½ par bateau) et 310 avec une écluse double. Dans ces conditions on pourrait écluser, durant les 230 jours que comprend habituellement la saison, navigable :

Avec une écluse simple.	39.100 bateaux.
Avec une écluse double.	71.300 —

Et si l'on suppose que les bateaux se dirigeant vers Albany portent 210 tonnes en moyenne, tandis que ceux qui vont en sens inverse ne portent que 30 tonnes (ce qui fait 120 tonnes en moyenne), les éclusées s'opérant toujours alternativement dans les deux sens, la capacité du canal sera commercialement de

4.692.000 tonnes avec des écluses simples,
et 8.556.000 — doubles,

ou à peu près 5 millions de tonnes dans le premier système et 9 dans le second. Or, en supposant que le tonnage continue d'augmenter suivant la proportion constatée de 1859 à 1869, la limite de capacité serait atteinte en sept ans avec des écluses simples et en treize ans avec des écluses doubles. On pourra prendre alors le parti de doubler la longueur des écluses et d'atteler deux bateaux à la suite l'un de l'autre.

Sur les 72 écluses du canal Érié, il y en a 15 simples et 57 qu'on a déjà doublées.

On peut se demander si, en fait, le mouvement de la navigation se répartit assez uniformément sur les 230 jours de la saison pour que le calcul précédent puisse y être appliqué. La réponse affirmative résulte du tableau ci-après, lequel a été dressé d'après des constatations faites à l'écluse n° 26 (à 5 kilomètres à l'ouest de Schenectady) :

MOIS.	1866.		1824 A 1866 INCLUSIVEMENT.	
	NOMBRE DES ÉCLUSÉES	N^os D'ORDRE.	NOMBRE DES ÉCLUSÉES	N^os D'ORDRE.
Mars	»	»	21	10
Avril	»	»	24.424	8
Mai	2.710	7	152.517	6
Juin	3.124	6	161.300	2
Juillet	4.637	2	154.571	4
Août	5.104	1	146.789	7
Septembre	4.568	4	155.966	5
Octobre	4.607	3	183.041	1
Novembre	3.990	5	159.498	3
Décembre	1.142	8	9.777	9
TOTAUX	29.882		1.145.904	

On voit que pour l'année 1866 le mois d'août fut le plus chargé, juillet venant

ensuite, tandis que, pour la période de 41 ans comprise entre l'ouverture du canal Érié et 1866, octobre venait en première ligne, puis juin.

IV. — RENSEIGNEMENTS STATISTIQUES SUR LES OUVRAGES D'ART.

1° NOMBRE, QUANTITÉ ET DÉPENSE APPROXIMATIVE DES OUVRAGES D'ART DU CANAL ÉRIÉ A L'ACHÈVEMENT DES TRAVAUX D'AGRANDISSEMENT (1862).

NOMBRE D'OUVRAGES.	DÉSIGNATION DES OUVRAGES.	QUANTITÉS.	PRIX DE L'UNITÉ.	SOMMES.
		mq.	fr.	fr.
158	Ponts métalliques, au mètre carré de tablier. .	43.787,00	40,50	1.753.273,50
382	Ponts en charpente id. id. . .	51.626,00	19,00	980.894,00
540	Paires de culées pour lesdits ponts, à la paire..	540	13.750,00	7.425.000,00
»	Remblais aux abords des même ponts.	540	9.000,00	4.860.000,00
57	Écluses doubles (longueur totale : 2.999m,06). .	57	369.250,00	21.047.250,00
13	Écluses simples (736m,57).	13	157.800,00	2.051.400,00
2	Écluses de garde (105m,22)	2	115.000,00	230.000,00
5	Écluses de pesage (244m,78).	5	235.180,00	1.175 900,00
32	Ponts-canaux, au mètre courant..	7.391m,67	5.082,00	37.564.466,94
»	Déversoirs, id.	720m,71	689,00	496.569,19
11	Portes pour scinder les longs biefs..	11	10.000,00	110.000,00
190	Aqueducs en voûtes de pierres (somme des ouvertures : 464m,50).	190	20.000,00	3.800.000,00
94	Aqueducs mixtes (132m,67).	94	8.500,00	799.000,00
	DÉPENSE TOTALE..	. . . . .	. . . . .	82.293.753,63

2° LONGUEUR CUMULÉE DES OUVRAGES D'ART DU CANAL ÉRIÉ.

OUVRAGES LONGITUDINAUX.

Écluses placées suivant l'axe du canal (non compris les écluses de pesage)..	3k,88
Ponts-canaux.	7 ,24
TOTAL.	11k,12

OUVRAGES TRANSVERSAUX.

Ponts. . .	en fer..	4k,5	14k,2
	en bois.	9 ,7	
Aqueducs	mixtes.	3 ,2	11 ,2
	en voûtes de pierre.	8 ,»	
Déversoirs (y compris les culées).			1 ,1
TOTAL.			26k,5

3° PONTS.

Les ponts qui existent sur les canaux de l'État de New-York sont au nombre de 1.318, savoir :

1° Ponts de 21^{m},96 d'ouverture au moins, sur les trois canaux agrandis, c'est-à-dire l'Érié, l'Oswego et le Cayuga et Seneca :

Ponts métalliques pour rues ou routes	161	627
Ponts en charpente, id.	236	
Ponts en fermes de fer	6	
Ponts en fermes de bois	192	
Ponts métalliques pour changement de rive du halage	1	
Ponts en charpente id.	31	

2° Ponts de 15^{m},25 d'ouverture au moins sur les canaux Champlain, Black-River, Onéida Lake, Genesee Valley, Crooked Lake, Chemung et Chenango :

Ponts métalliques pour rues ou routes	19	691
Ponts en charpente id.	328	
Ponts en fermes de bois	320	
Ponts en charpente pour changement de rive du halage	24	
TOTAL pareil. . .		1.318

4° ÉTANCHEMENTS.

Nous mentionnons en quelque sorte pour ordre la question des étanchements, car la seule note que nous ayons sur ce sujet est la suivante :

Après de grandes dépenses faites sans aucun résultat pour l'étanchement de la rigole qui prend les eaux de l'Hudson près de la ville de Glen's Falls et les amène au bief de partage du lac Champlain, on prit en 1862 le parti de pratiquer dans les bancs calcaires du fond de la rigole une fouille de 0^{m},30 qu'on remplit de béton et de maçonnerie brute; puis on éleva deux murs verticaux en maçonnerie de ciment.

IIe PARTIE. — EXPLOITATION.

I. — ADMINISTRATION DES CANAUX.

Personnel.

Cinq hauts fonctionnaires de l'État de New-York constituent une Commission chargée du contrôle financier des canaux.

Les travaux de construction, d'amélioration et d'entretien, ainsi que l'exploitation, sont placés sous la surveillance immédiate de trois commissaires assistés par des ingénieurs qui d'ailleurs ne leur sont pas subordonnés. Les commissaires ont chacun une *division;* la longueur des divisions est de 507, 529 et 451 kilomètres.

A chaque division est attaché un ingénieur *divisionnaire* et un ingénieur *résident*. Ils sont tous placés, avec un personnel d'agents auxiliaires, sous les ordres d'un ingénieur en chef (*State Engineer and Surveyor*), qui est actuellement M. van Rensselaer Richmond. Leurs attributions sont purement techniques.

Les cinq commissaires des finances, l'ingénieur en chef et les trois commissaires des canaux constituent le Conseil d'administration des canaux (*the Canal Board*). Ce Conseil fixe le tarif des droits à percevoir. Il nomme les ingénieurs, les *surintendants* de l'entretien, les préposés au pesage ainsi que leurs assistants, les inspecteurs et compteurs des bois de sciage ou de charpente, des bateaux et de leur chargement. C'est au Conseil qu'il appartient d'ordonner les réparations extraordinaires. C'est à lui qu'on appelle des décisions des *appréciateurs*. Il remet les amendes, réglemente la police des canaux, etc.

Outre la Commission des finances et le Conseil d'administration, il y a un Comité des marchés (*Contracting Board*) composé des commissaires des canaux, de l'*auditeur* du service des canaux et de l'ingénieur en chef. Ce Comité, qui se réunit dans les bureaux des commissaires des canaux, conclut pour le compte de l'État les marchés de main-d'œuvre et de matériaux.

L'auditeur des canaux, — présentement M. James A. Bell, qui a très-obligeamment mis à notre disposition toute espèce de documents et de renseignements, — est chargé de faire des traites sur le Trésor pour tous les payements se rattachant aux canaux. Il apure les comptes, il donne des instructions aux

agents chargés de percevoir les droits et d'effectuer les payements, il enregistre les recettes et les dépenses, etc. Il est de droit secrétaire de la Commission des finances ainsi que du Conseil d'administration et membre du Comité des marchés.

Aux termes de la loi, toutes les affaires de la Commission, du Conseil et de l'auditeur doivent se traiter dans des salles réservées à cet effet dans l'hôtel ou palais d'État (*State Hall*) à Albany.

Il y a quatre agents chargés d'apprécier les dommages causés aux particuliers par suite de la construction des canaux. Ce sont les appréciateurs.

Les receveurs des droits de navigation sont au nombre de dix-huit sur la ligne principale et de vingt sur les canaux d'embranchement.

Les surintendants (qui remplissent des fonctions analogues à celles de nos conducteurs chefs de section) sont au nombre de vingt-huit.

Il y a sept préposés au pesage. Ils résident à Albany, West-Troy, Utica, Syracuse et Rochester, Waterford et Oswego.

Les inspecteurs et compteurs sont au nombre de quatorze.

La police de la navigation est réglementée par des prescriptions analogues à celles qui sont en vigueur en France. On prend des précautions très-minutieuses pour sauvegarder les intérêts de l'État dans la perception des droits. Le pesage direct des chargements se complique de la déduction du poids changeant des bateaux léges, du poids de l'eau qui pénètre par infiltration, etc. C'est une matière à conflits que l'on n'est pas encore parvenu à réglementer d'une manière entièrement satisfaisante. Règlement de police.

La hauteur du chargement est limitée à $3^m,43$ au-dessus du plan d'eau normal sur les trois canaux qui ont été agrandis, ceux de l'Érié, d'Oswego et de Cayuga et Seneca. Cette hauteur est réduite à $2^m,75$ pour le canal Chemung.

On tient très-sévèrement la main à ce que le tirant d'eau normal, tel qu'il est fixé par le Conseil d'administration, ne soit pas dépassé. Tout percepteur, surintendant, inspecteur ou préposé au pesage doit faire décharger partiellement le bateau dont le tirant d'eau est trop grand. La quotité de ce déchargement est inscrite sur le laisser-passer. Si le même bateau est de nouveau surpris avec un excès de tirant d'eau, tout agent qui le rencontre doit lui infliger chaque fois une amende de 25 dollars.

II. — MODE D'ENTRETIEN DES CANAUX.

Antérieurement à 1854, l'entretien du canal était confié aux surintendants et effectué en régie. La dépense des travaux ainsi exécutés avait augmenté d'année en année et en était venue à absorber près de la moitié du produit des recettes. A quoi cela tenait-il? Des documents officiels le disent très-crûment : aux fraudes commises par des agents de la régie et surtout à ce que les fonds d'entretien subvenaient à des dépenses faites dans des intérêts électoraux. Pour couper court à ces abus scandaleux, on essaya dès 1854 et on adopta en 1857 le parti d'adjuger à forfait à des entrepreneurs l'entretien des canaux. La Législature leur conférait des droits qui avaient été exercés jusque-là par les surintendants, comme de recouvrer les amendes, de réprimer les anticipations commises sur les terrains de l'État, de veiller à l'exécution des mesures de police sur les canaux, etc. Il était stipulé en outre que les travaux s'exécuteraient sous la direction des ingénieurs; mais cette direction passa bientôt (nous ne savons pourquoi) aux surintendants.

Le système de l'entretien à forfait produisit des résultats faciles à prévoir. Les entrepreneurs s'attachèrent à ne faire que le moins de dépense possible, à n'effectuer que des réparations provisoires, et les ouvrages allèrent en dépérissant. Qu'une digue fût reconnue trop faible pour la pression qu'elle avait à supporter ou trop perméable, l'entrepreneur alléguait qu'il n'était nullement tenu de la fortifier ou de l'étancher, et il avait parfaitement raison. Mais dans une foule d'autres cas, il prétendait que certains travaux sortaient de son marché et lui donnaient droit à une rémunération spéciale; les commissaires contestaient qu'il en fût ainsi ; l'entrepreneur en référait soit au Conseil, soit même à la Législature, qui trop souvent (dit-on) lui donnaient gain de cause. De là des suppléments qui grossirent beaucoup le chiffre final de la dépense.

L'auditeur, persistant à trouver ce système économique, le soutient à outrance. Il pense que le délabrement des ouvrages, dont les ingénieurs se plaignent, ne se produirait pas si les commissaires tenaient rigoureusement la main à la stricte exécution des marchés. Les commissaires de leur côté se récrient vivement sur la dépendance où ils se trouvent, eux qui sont aux yeux de la popu-

lation spécialement responsables du bon entretien des canaux et de la sûreté de la navigation. Dès l'année 1862, l'ingénieur en chef, M. Taylor, proposait de substituer l'adjudication *sur série de prix* à l'entreprise *à forfait;* il faisait judicieusement remarquer que, dans ce système, les entrepreneurs seraient payés de la quantité d'ouvrage réellement exécutée par eux, ni plus ni moins, et qu'il n'y aurait plus sous ce rapport antagonisme entre leurs intérêts et ceux de l'État. On paraît avoir suivi dans ces dernières années une sorte de système mixte, appliquant ici l'entretien à forfait et là les réparations en régie. L'ingénieur en chef demande qu'on abolisse le premier mode; l'auditeur demande qu'on y revienne exclusivement.

III. — EXPLOITATION TECHNIQUE.

Pendant l'année 1869, le nombre des éclusées faites à l'écluse d'Alexander (n° 26, à 5 kilomètres à l'ouest de Schenectady) a été de 24.625. Ce nombre avait été presque égal dès 1835, et il a varié depuis lors annuellement entre 20.520 (1841) et 43.957 (1847). Le nombre des éclusées faites en un seul jour en 1869 a atteint son maximum à l'écluse de Francfort (n° 45) : il a été de 191. Nombre des éclusées.

Le chargement moyen des bateaux, qui avait été de 41 tonnes en 1841 et de 157 tonnes en 1861, a été de 185 tonnes en 1869. Chargement.

Le chargement des bateaux descendants (*laden down*) varie de 210 à 240 tonnes, celui des bateaux montants (*up boats*) de 50 à 100 tonnes.

La vitesse des bateaux chargés est moyennement de $2^k,4$ par heure sur le canal Érié. Cela fait 58 kilomètres par jour, et 10 jours de Buffalo à Albany (564 kilomètres). L'auditeur espère que la substitution de la vapeur au halage par chevaux ou mulets permettra de porter la vitesse à $3^k,6$ ou 4 kilomètres sans augmentation de frais de traction. Le trajet se ferait alors en 6 ou 7 jours au lieu de 10. Vitesse.

Le touage sur chaîne ou sur câble noyé n'est pas encore pratiqué aux États-Unis. On a pourtant obtenu (d'après ce qui nous a été dit) des résultats satisfaisants dans des expériences faites près de Buffalo avec le touage sur câble, conformément à des indications de l'ingénieur belge, M. O. de Mesnil. Traction.

D'autres procédés ont été mis en avant depuis quelque temps pour l'emploi

de la vapeur ou d'autres moteurs mécaniques sur les canaux. On parle d'une hélice placée à l'avant et sous le bateau, dans une sorte de coursier dont les parois latérales préviendraient la propagation des vagues qui vont dégrader les berges, et dont la voûte inclinée se raccorderait graduellement avec le dessous du bateau. De grands efforts se font présentement en vue d'arriver à des solutions pratiques. La Législature de l'État de New-York a voté le 28 avril 1871 un prix de 100.000 dollars pour récompenser celle qui serait jugée la meilleure. On admet à concourir la vapeur, le calorique, l'électricité, tous moteurs autres que les moteurs animés. La commission nommée pour décerner le prix, et en tête de laquelle figure le général Mac Clellan, prolongera, si elle le juge convenable, jusqu'à la fin de 1872 le délai du concours.

IV. — EXPLOITATION COMMERCIALE.

1° CLASSIFICATION DES MATIÈRES TRANSPORTÉES SUR LES CANAUX DE L'ÉTAT DE NEW-YORK.

A. — Products of the forests (Produits des forêts).

Fur and peltry.	Fourrure et pelleterie.
Products of wood (Bois).	*Boards and scantling* (Planches et voliges). *Shingles* (Bardeaux, petites planches minces et courtes dont on se sert pour couvrir les maisons). *Timber* (Bois de charpente). *Staves* (Douves de tonneau). *Wood* (Bois à brûler). *Ashes, pot. and pearl* (Cendres et potasses).

B. — Agriculture.

Products of animals (Produits des animaux).	*Pork.* — *Beef.* *Cheese.* — *Butter.* — *Lard, tallow* (suif) *and lard oil.* *Wool* (laine). — *Hides* (peaux).
Vegetable food (comestibles végétaux). . . .	*Flour* (fleur de farine). — *Wheat* (froment). — *Rye* (seigle). — *Corn* (maïs). — *Corn meal* (farine de maïs). — *Barley* (orge). — *Barley malt* : malt d'orge (orge fermentée qui sert à la fabrication de la bière). — *Oats* (avoines). — *Bran* (son). — *Peas* (pois) *and beans* (fèves). — *Apples.* — *Potatoes.* — *Dried fruit.*
All other agricultural products (tous autres produits agricoles).. . .	*Cotton.* — *Unmanufactured tobacco.* — *Hemp* (chanvre). — *Clover* (trèfle) *and grass* (herbe). — *Seed* (graine). — *Flax seed* (graine de lin). — *Hops* (houblons).

C. — Produits fabriqués.

1re espèce.	*Domestic spirits* (esprits indigènes). — *Oil meal and cake* (graines et tourteaux de plantes oléagineuses). — *Leather* (cuir). — *Furniture* (meubles). — *Bar and pig lead* (plomb en barres et en saumons). — *Pig iron* (fonte en gueuses). — *Bloom and bar iron* (fer en loupes et en barres). — *Castings and iron ware* (articles de fonte et de fer.) — *Domestic woollens* (lainages indigènes). — *Domestic cottons.* — *Domestic salt.* — *Foreign salt.*
2e espèce : *Merchandise* (articles de vente courante).	*Sugar.* — *Molasses* (mélasse). — *Coffee.* — *Nails* (clous), *Spikes* (pointes) *and horse shoes* (fers de cheval). — *Railroad iron* (fer pour chemin de fer). — *Flint enamel* (émaux), *Crockery* (faïence) *and glass-ware* (verrerie). — *All other merchandise.*

AUTRES MATIÈRES.

Live cattle (bétail vivant), *hogs* (porcs) et *sheeps* (moutons).
Stone, lime and clay. — *Gypsum.*
Anthracite coal. — *Bituminous coal.*
Copper ore (minerai de cuivre). — *Iron ore.*
Sundries (divers).

2° MOUVEMENT DES CANAUX DE L'ÉTAT DE NEW-YORK DURANT L'ANNÉE 1869.

		TONNAGE (A TOUTES DISTANCES).	VALEUR DES MATIÈRES TRANSPORTÉES.	MONTANT DES DROITS PERÇUS.
		tonnes.	fr.	fr.
Bateaux vides et à voyageurs.		»	»	853.170
Produits forestiers.		1.855.930	109.655.275	5.206.975
Produits animaux.		8.691	17.509.925	15 700
Agriculture. . . .	Comestibles végétaux.	1.302.615	257.081.200	8.777.770
	Autres produits agricoles. . .	2.767	3.053.000	3.935
Produits fabriqués.	1re espèce.	342.239	69.979.460	521.945
	2e espèce.	268.970	517.322.525	830.800
Autres matières.		2.077.870	273.807.035	2.682.210
Totaux		5.859.080	1.248.406.420	18.892.505

Ainsi ces canaux ont transporté près de 6 millions de tonnes valant plus de 1.200 millions de francs et qui ont rapporté à l'État près de 19 millions de droits de navigation. Ces transports équivalent à 1.500 millions de tonnes kilométriques. (1.470.645.778).

3° CANAUX ET CHEMINS DE FER EN 1869.

Pendant la même période de temps, le chemin de fer du Centre et le chemin de fer de l'Érié, qui font concurrence au Canal, transportaient les quantités indiquées ci-après :

	SUR LES DEUX CHEMINS DE FER.	SUR LES CANAUX.	SUR LES CHEMINS DE FER ET LES CANAUX RÉUNIS.
	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Produits forestiers	314.065	1.855.930	2.169.995
Produits animaux	679.165	8.691	687.856
Comestibles végétaux	1.087.809	1.302.613	2.390.422
Autres produits agricoles	64.275	2.767	67.042
Produits fabriqués	598.485	342.239	940.724
Articles de vente courante	751.571	268.970	1.020.541
Autres matières	3.098.724	2.077.870	5.176 594
TOTAUX	6.594.094	5.859.080	12.453.174

4° PROPORTIONS DES DIVERSES MARCHANDISES.

Le tableau suivant fait ressortir les proportions qui existent entre les diverses classes de matières transportées par les canaux au triple point de vue de la quantité, de la valeur et du montant des droits perçus :

	QUANTITÉ.	VALEUR.	DROITS.
Bateaux vides et à voyageurs	»	»	4,52
Produits forestiers	31,68	8,79	27,57
Produits animaux	0,15	1,40	0,08
Comestibles végétaux	22,23	20,53	46,46
Autres produits agricoles	0,05	0,24	0,02
Produits fabriqués	5,85	5,45	2,76
Articles de vente courante	4,58	40,21	4,39
Autres matières	35,46	23,38	14,20
	100,00	100,00	100,00

On voit que les articles intitulés « Produits forestiers, » « Comestibles végétaux » et « autres matières, » c'est-à-dire les bois, les céréales, les matériaux de construction, charbons et minerais, ont une importance prédominante sous le rapport de la quantité et des droits payés.

5° POINTS D'EMBARQUEMENT.

Les produits transportés en 1869 ont été embarqués sur les différents canaux suivant la répartition indiquée ci-après :

	TONNAGE.	VALEUR des MATIÈRES TRANSPORTÉES.	MONTANT des DROITS.
	tonnes.	fr.	fr.
Canal Érié	2 845.092	954.482.340	13.648.145
Canal Champlain	1 059.334	120.927.715	886.310
Canal d'Oswego	934.638	125.004.630	3.209.720
Canal de Cayuga et Seneca	533.516	15.127 035	518.810
Canal Chemung	245.761	13.875.620	277.535
Canal du lac Crooked	7.541	1.596.135	31.535
Canal du Chenango	83.527	5 725.015	80.000
Canal de la rivière Black	80.550	5.267.480	113.300
Canal de la vallée Genesee	69.141	4.410.400	127.125
TOTAUX	5.859.100	1.246.416.370	18.892.500

6° DISTINCTION DES COURANTS COMMERCIAUX.

Les transports effectués forment des courants principaux dont la direction et l'importance ressortent du tableau suivant :

	1841.	1861.	1869.
	tonnes.	tonnes.	tonnes.
A. — Tonnage arrivé à la mer :			
1° Voie du canal Érié — Provenant des États de l'Ouest	224.176	2.158.425	2 028.568
1° Voie du canal Érié — Provenant de l'État de New-York	308.344	291.184	229.121
2° Voie du canal Champlain — Provenant de l'État de Vermont et du Canada	50.909	53.096	203.876
2° Voie du canal Champlain — Provenant de l'État de New-York	190.905	477.442	634.577
TOTAL du tonnage arrivé à la mer	774.334	2.980.147	3.096.142
B. — Tonnage parti de la mer	162.715	340.736	772.201
C. — Tonnage intérieur de l'État de New-York	584.612	1.186.755	1.990.757
TONNAGE TOTAL des matières qui ont parcouru une distance plus ou moins grande sur les canaux de l'État de New-York	1.521.661	4.507.638	5.859.080

Les 772.000 tonnes qui s'éloignèrent de la mer en 1869 se composaient pour deux tiers de houille et pour un tiers d'articles de vente courante (*merchandise*). De ceux-ci, plus de moitié était à destination du lac Érié et presque tout le reste à destination d'Oswego ou du lac Champlain.

Dans les produits transportés vers la mer le blé figure pour 7 millions d'hectolitres et le maïs pour 12 millions.

Les bateaux de canal qui vinrent jusqu'à New-York, sans transbordement à West-Troy ou à Albany, portaient 1.381.514 tonnes de marchandises dont la valeur était estimée 389.463.365 francs.

7° RÉSUMÉ DU TRAFIC POUR LE RÉSEAU ENTIER.

Pour le réseau entier le nombre de tonnes kilométriques s'est élevé en 1869 à	1.470.645.778 tonnes
Le nombre des tonnes transportées à toutes distances ayant été de.	5.859.080 »
La distance moyenne des transports a été de	251 kilom.
Le tonnage à la distance entière, c'est-à-dire le nombre équivalent de tonnes parcourant les 1.460 kilomètres du réseau tout entier, est de	1.007.291 tonnes.

8° DE L'ESTIMATION DU FRET SUR LES CANAUX.

Dans un rapport présenté en 1853 par M. Mac Alpine, ingénieur en chef des canaux de l'État de New-York, on trouve les chiffres suivants pour les prix de transport alors payés par tonne et par kilomètre sur les différentes voies de communication :

		centimes.
Sur l'Océan.	Long trajet.	0,5
	Court trajet.	0,6 à 1,9
Sur les lacs du Nord.	Long trajet.	0,6
	Court trajet.	0,9 à 1,2
Sur les rivières. . . .	L'Hudson.	1,3
	Le Saint-Laurent et le Mississipi..	0,9
	Affluents de ces deux fleuves.	1,6 à 3,2

		centimes.
Sur les canaux. . . .	Canal Érié agrandi.	1,2
	Autres canaux de mêmes dimensions, mais plus courts.	1,6 à 1,9
	Canaux de dimensions ordinaires.	1,6
	Dimensions ordinaires avec encombrement aux écluses .	1,9 à 2,5
Sur les chemins de fer (pour les charbons)..	Conditions favorables d'établissement.	1,9 à 3,1
	Tracé et pentes peu favorables..	3,9
	Fortes pentes.	4,7 à 6,2

Le 11 mai 1835, quand fut votée la loi prescrivant l'agrandissement du canal Érié, les ingénieurs estimaient que cette opération aurait pour effet de réduire de 50 pour cent la dépense du fret. Cette prévision se trouva réalisée en 1862, à l'époque où les travaux d'agrandissement se terminèrent.

Une opération du même genre, exécutée pour le canal de la Delaware à l'Hudson, fut également suivie d'une réduction de prix qui avait été prévue et annoncée. Ce canal transportait anciennement par chargements de 50 tonnes à 108 milles de distance au prix d'un dollar la tonne, soit 3,1 centimes par tonne et par kilomètre. L'ingénieur en chef, M. R. F. Lord, en indiquant plusieurs modes d'agrandissement, signalait ainsi qu'il suit les réductions de fret qui en seraient la conséquence :

CHARGEMENT DES BATEAUX.	FRET PAR TONNE POUR 108 MILLES.	FRET PAR TONNE PAR KILOMÈTRE.
	cents.	centimes.
100 tonnes.	65	1,9
116 tonnes.	58	1,7
136 tonnes.	50	1,4

M. William B. Taylor, ingénieur en chef des canaux de l'État de New-York en 1863, chargé à ce titre d'étudier le projet de nouvelles écluses à accoler à celles du canal Érié pour la circulation éventuelle des canonnières, fit ressortir l'importance commerciale de cette addition. Il établit qu'elle entraînerait une nouvelle diminution de 50 pour 100 sur le fret. — Nous allons dire comment ce calcul était fait.

Les dimensions essentielles et le chargement des bateaux du canal Érié, dans les trois cas de la voie primitive, de la voie actuelle et de celle étudiée en 1863, sont résumées dans le tableau suivant :

	SAS DES ÉCLUSES.			
	LONGUEUR.	LARGEUR.	TIRANT D'EAU.	CHARGEMENT.
Canal primitif.	23m,98	4m,41	1m,04	76t
Canal actuel.	29 ,89	5 ,31	1 ,96	210
Canal projeté.	64 ,05	7 ,62	1 ,96	690

On peut remarquer en passant, savoir : 1° que l'excès de la longueur du sas sur celle assignée aux bateaux est de 3m,66 pour les écluses actuelles et de 4m,57 pour les écluses projetées; — 2° que l'excès de la largeur du sas sur celle assignée aux bateaux est de 0m,18 pour les écluses actuelles et de 0m,30 pour les écluses projetées ; — 3° que le tirant d'eau est dans les deux cas inférieur de 0m,18 au mouillage normal. Nous ajouterons que le chargement dont il s'agit est le chargement moyen ordinaire ; M. Taylor le détermine en prenant les 0,78 du volume qu'on obtient en multipliant la largeur par le tirant d'eau, puis par la longueur diminuée des $\frac{3}{5}$ de la largeur.

Cela posé, M. Taylor évalue d'une part les frais de halage d'un bateau par kilomètre, d'autre part les frais de personnel et de bateau par jour.

En ce qui concerne les frais de halage, il part de ce principe que le prix de la traction est proportionnel à la résistance du bateau et de ce fait que le prix a été moyennement de 0f,78 en 1863, c'est-à-dire pour les bateaux d'alors (qui sont encore les bateaux d'aujourd'hui). Pour comparer les résistances, M. Taylor, après avoir rappelé des formules de Dubuat et de d'Aubuisson et fait observer que les bateaux du canal Érié ont une forme analogue à ceux du canal du Languedoc, adopte, comme donnant des résultats qui concordent suffisamment avec la pratique, l'expression suivante :

$$2,664 \times \frac{S^2 v^2}{C + 2S}$$

qui donne en livres la résistance d'un bateau de section S se mouvant avec une vitesse v dans un canal de section C (dimensions en pieds). On arrive ainsi aux résultats suivants :

	CANAL PRIMITIF.	CANAL ACTUEL.	CANAL PROJETÉ.
Résistance en livres des bateaux à la traction. .	245	428	770
Prix du halage par kilomètre.	0f,447	0f,780	1f,406

		CANAL PRIMITIF.	CANAL ACTUEL.	CANAL PROJETÉ.
Frais de personnel par mois :				
1 patron	300 fr.			
2 timoniers	450			
1 aide	150			
Total	900 fr.			
ce qui fait par jour		30f	30f	»
(Un homme de plus pour les nouveaux bateaux.)		»	»	37f,50
Intérêts et amortissement en dix ans du prix d'achat d'un bateau		4f,70	12f	18f,70
Frais journaliers de personnel et de bateau		34f,70	42f	56f,20
Distance de Buffalo à Albany		584k	564k	564k
Durée moyenne du trajet		9 jours	8j ½	8j ½
Frais de personnel et de bateau de Buffalo à Albany (pour un bateau)		312f,50	357f	477f,70
Frais de personnel et de bateau, par bateau et par kilomètre		0f,534	0f,635	0f,846
On a vu plus haut que le prix du halage par bateau et par kilomètre est de		0f,447	0f,780	1f,406
Total des frais de traction d'un bateau par kilom.		0f,981	1f,415	2f,252
Frais de traction ou fret par tonne et par kilom.		1c,29	0c,67	0c,33

Ainsi se trouve analytiquement justifiée la réduction de 50 pour 100 prévue en 1835 et celle annoncée par M. Taylor en 1863 pour le cas où on livrerait au commerce de nouvelles écluses assez grandes pour laisser passer des canonnières. Le premier agrandissement du canal Érié a coûté 32 millions de dollars ou 160 millions de francs (non compris l'intérêt des fonds) : l'agrandissement étudié en 1863 était estimé 52 millions de francs seulement.

9° PRIX DU TRANSPORT SUR LE CANAL ÉRIÉ.

Le prix effectif du transport offre un intérêt particulier pour l'artère principale du réseau, pour le canal Érié. Voici quelques renseignements à ce sujet.

Les prix moyens du transport par tonne étaient, savoir : Prix moyens du transport.

		EN 1841.		EN 1861.	
		En dollars.	En francs.	En dollars.	En francs.
De Buffalo à Albany.	Droits	3,28	16,40	1,76	8,80
	Droits et fret	6,57	32,85	4,26	21,30
D'Albany à Buffalo.	Droits	6,57	32f,85	1,40	7,00
	Droits et fret	12,20	61,00	2,20	11,00

Ces prix ont diminué dans les proportions indiquées ci-après :

		DE BUFFALO A ALBANY.	D'ALBANY A BUFFALO.
De 1833 à 1849	Droits.	51 p. 100	39 p. 100
	Fret.	66	23
	Droits et fret..	58	33
De 1849 à 1869	Droits.	75	26
	Fret.	53	18
	Droits et fret..	67	22
De 1833 à 1869	Droits.	88	55
	Fret.	84	39
	Droits et fret..	86	47

Transport des céréales.

En 1869, on a payé pour les céréales les prix moyens qu'indique le tableau suivant :

	DE CHICAGO A BUFFALO.	DE BUFFALO A NEW-YORK.	DE CHICAGO A NEW-YORK.	DE CHICAGO A OSWEGO.	D'OSWEGO A NEW-YORK.	DE CHICAGO A NEW-YORK.
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
Pour le blé, par boisseau de 60 livres (27k,18).						
Prix total.	0,34	0,82	1,16	0,57	0,59	1,16
Droits.	»	0,31	»	»	0,18	»
Pour le maïs, par boisseau de 56 livres (25k,37).						
Prix total.	0,31	0,69	1,00	0,53	0,51	1,04
Droits.	»	0,24	»	»	0,14	»

Les droits que nous avons fait ressortir ci-dessus s'appliquent au trajet parcouru sur les canaux depuis les lacs jusqu'à l'Hudson. Les prix donnés sont les prix moyens de l'année; ils ont varié beaucoup, car ils ont atteint pour le blé :

De Chicago à Buffalo, 0f,60 au lieu de 0f,34
— à Oswego, 0 ,82 — 0 ,59
De Buffalo à New-York, 1 ,25 — 0 ,59
D'Oswego à — 1 ,00 — 0 ,51.

En moyenne depuis 14 ans, le prix de transport du blé, par tonne et par ki-

lomètre, de Buffalo à New-York, par le canal Érié et l'Hudson, sur un parcours de 676 kilomètres, a été de.. . . . . 3,7 centimes.

En 1870, ce prix a été de.. 3,1

10° TARIF DES DROITS DE NAVIGATION.

Les marchandises autres que les bois (et dont nous n'indiquons que les principales) sont groupées en huit catégories tarifées ainsi qu'il suit pour l'année 1870 :

	EN MILLS PAR 1.000 LIVRES ET PAR MILLE.	EN CENTIMES PAR TONNE ET PAR KILOMÈTRE.
1re CATÉGORIE.	$\frac{1}{2}$	0,342
Charbons, Minerais de fer, Pierres calcaires, Sable, Cendres lavées, Glace, Pétrole, etc.		
2e CATÉGORIE..	1	0,685
Briques, Argile, Ciment, Poteries, Minerais de cuivre, Chaux, Plâtre de Paris.		
Coton, Café, Sel indigène, Son, Lard, Laine.		
Fontes en gueuses, Chanvre. . . . . , Fers en loupes.. . , Tabac en feuilles. — allant vers le littoral.		
Poisson salé. . . . , Riz. . . . . , Sel de soude.. . . — venant du littoral.		
3e CATÉGORIE..	1 $\frac{1}{2}$	1,027
Céréales, Farine.		
Fers et Fontes ouvrés.		
Tabac venant du littoral.		
Meubles, Cuirs, Lainages indigènes, etc.		
4e CATÉGORIE..	2	1,370
Bétail, Semences.		
Voitures, etc.		
5e CATÉGORIE..	2 $\frac{1}{2}$	1,712
Peaux de buffalos et de daims, Fourrures.		
Sel étranger, etc.		
6e CATÉGORIE.	3	2,055
Chevaux.		
7e CATÉGORIE..	4	2,740
Poudre, Arbustes.		
8e CATÉGORIE..	5	3,425
Barils vides, douves, perches à houblon, cercles, etc., naviguant en trains.		

Le bois paye par mille parcouru, suivant sa nature, tantôt de 1 à 20 mills par 1.000 livres, — tantôt de 5 à 25 mills par 1.000 pieds linéaires, — tantôt de 4 à 10 mills par 100 pieds cubes. Et cela suppose que le bois est transporté en bateau. Le droit est quadruplé pour certains articles quand ils sont transportés en trains. Ainsi, le bois de chauffage paye, par corde et par mille parcouru, 5 mills en bateau et 20 en train. — Cette surélévation devra nous servir d'exemple en France quand le développement de la batellerie conduira à restreindre sur certains canaux la circulation encombrante des trains.

On a vu plus haut qu'en 1869 le montant total des droits perçus sur les canaux de l'État de New-York s'est élevé à 18.892.505 francs, et que le tonnage kilométrique a été de 1.470.645.778 tonnes. En divisant le premier de ces nombres par le second, on trouve 0f,013 ou 1,3 centime pour la moyenne des droits perçus par tonne et par kilomètre.

11° SITUATION FINANCIÈRE DES CANAUX DE L'ÉTAT DE NEW-YORK.

Réseau cent cr. Période de 1837 à 1869. — Le tonnage des marchandises transportées à des distances quelconques sur les canaux de l'État de New-York durant les 33 années comprises entre 1837 et 1869 a été de. . . . . 115.777.040 tonnes

La totalité des sommes payées par le commerce pour le transport de ces 115 millions de tonnes est évaluée à . 1.043.854 875 francs se répartissant ainsi qu'il suit :

pour le fret . . . . . 551.824.850 —

pour les droits de navigation . . . . . 492.030.025 —

La dépense faite par l'État pendant la même période pour l'entretien et l'exploitation de ses canaux a été de . 146.673.680 —

Déduction faite de cette dépense, les droits de navigation ont laissé un reliquat de . . . . . 345.356.345 —

Ainsi, c'est une somme de dix millions environ que l'État a pu consacrer en moyenne chaque année depuis 33 ans à l'amortissement des emprunts faits pour la création et l'amélioration de son système de canaux.

Si l'on remonte à l'origine même de cette création, le bilan financier peut se résumer ainsi qu'il suit :

	EN DOLLARS.	EN FRANCS.
Total des sommes dépensées de 1817 à 1866 inclusivement pour l'établissement des canaux. . . .	64.710.832	323.554.160
Intérêts de ces sommes.	93.736.654	468.683.270
Sommes dépensées pour l'entretien, les réparations et la perception des droits..	24.377.114	121.885.570
Intérêts de ces sommes.	27.268.895	136.344.475
Dépense totale.	210.093.495	1.050.467.475
Montant des recettes : 97.625.066 dollars, qui avec les intérêts font..	202.619.510	1.013.097.550
Reste à la charge de l'État. . . .	7.473.985 d.	37.369.925 fr.

Ainsi l'établissement des canaux de l'État de New-York a exigé une somme de 323 millions, que les intérêts et les frais d'exploitation ont triplée en un demi-siècle, la portant ainsi à un milliard. Les droits de navigation ont produit dans le même temps au Trésor une somme à peu près équivalente (une somme de 500 millions que les intérêts ont doublée), de sorte que la dépense à amortir était réduite en 1866 à 37 millions ou à $\frac{1}{9}$ du capital de premier établissement.

Abstraction faite des intérêts, les dépenses et les recettes se répartissent ainsi qu'il suit entre le canal Érié et ses embranchements : Répartition.

	DÉPENSES.			PRODUITS DES DROITS DE NAVIGATION.
	CONSTRUCTION ORIGINAIRE, AGRANDISSEMENT ET AMÉLIORATIONS.	RÉPARATIONS, ENTRETIEN ET PERCEPTION DES DROITS.	TOTAL POUR LA CONSTRUCTION ET L'EXPLOITATION.	
	fr.	fr.	fr.	fr.
Canal Érié et canal Champlain..	230.091.170	64.501.665	294.592.835	405.285.840
Canal d'Oswego.	17.454.745	23.166.095	40.650.840	46.416.150
Canal Cayuga et Seneca..	7.602 710	6.000.220	13.602.930	10.921.500
Canal Chemung.	6.366.305	8.973.245	15.339.550	10.062.875
Canal du lac Crooked..	1.666.435	2.296.870	3.983.305	2.602.080
Canal du Chenango.	13.910.720	5.110.130	19.020.750	3.686.425
Canal de la rivière Black.	16.123.895	2.494.330	18.618.225	1.113.015
Canal de la vallée Genesee..	29.139.065	8.446 515	37.585.580	6.534.565
Canal du lac Onéida.	324.185	616.170	940 355	325.900
Canal Baldwinsville.	117.780	125.175	242.955	6.305
Amélioration de la rivière Onéida.	734.720	125.025	899.995	1.021.440
Rivière Seneca (chemin de halage).	7.440	100	7.540	26.255
Cayuga Inlet (entrée du lac Cayuga). . . .	14.840	»	14.840	22.980
TOTAUX.	323.554.010	121.855.540	455.459 700	488.025.330

Les embranchements du lac Champlain et d'Oswego sont les seuls qui, avec la ligne principale, donnent des bénéfices applicables à l'amortissement du fonds commun. Le canal Cayuga et Seneca, avec ses prolongements du Chemung et du lac Crooked, produit encore de quoi faire face aux *frais d'entretien et d'exploitation*. Mais les trois grands canaux du Chenango, de la rivière Black et de la vallée Genesee ne sont pas dans le même cas.

12° CONCURRENCE DU CANAL ÉRIÉ ET DES CHEMINS DE FER PARALLÈLES.

Avant l'établissement des chemins de fer le canal Érié possédait le monopole des transports de l'Ouest. Ce monopole lui était d'autant mieux assuré que des compagnies puissantes, propriétaires d'une partie des bateaux du canal, disposaient en même temps de navires parcourant les grands lacs et avaient dans les contrées de l'Ouest des agents chargés de diriger les transports vers Buffalo ou Oswego. Les chemins de fer parallèles au canal devaient tout au moins amoindrir le développement de la voie navigable, diminuer conséquemment le produit des droits de navigation et reculer l'époque où l'État rentrerait dans les fonds déboursés pour la création de son réseau. Par cette considération, l'industrie privée ne fut autorisée d'abord à construire des chemins de fer allant des lacs au littoral que sous la condition expresse que ces chemins ne transporteraient pas de marchandises. Mais cette restriction fut successivement modifiée. D'abord on permit aux chemins de fer de transporter des marchandises durant la période de chômage des canaux et moyennant le payement des droits imposés à la navigation; puis on étendit cette faculté à l'année entière; plus tard on exonéra les chemins de fer du payement des droits durant le chômage des canaux; enfin, à partir de 1851, toutes les restrictions furent écartées et les chemins de fer admis à faire librement concurrence aux canaux.

Le canal Érié soutient la lutte dans des conditions d'inégalité flagrante à cause du chômage auquel il est condamné par le climat durant trois ou quatre mois de l'année. Mais ce n'est pas tout. Les chemins de fer, en s'étendant jusqu'au Mississipi, font concurrence à la navigation des lacs comme à celle du canal; et la marine amoindrie des lacs s'est mise en grande partie à leur service en se chargeant de leur amener les marchandises aux points où les rails viennent toucher

la rive des lacs. Puis les courtiers d'affaires dont la fortune était autrefois liée à celle des canaux ont disparu. De là un grand amoindrissement des chances de prospérité indéfinie sur lesquelles le canal Érié comptait naguère.

Des mariniers et d'autres personnes demandent avec instance qu'on abaisse les droits de navigation pour ramener ou au moins retenir les transports. Mais, suivant l'auditeur (M. James Bell), l'expérience, plusieurs fois tentée, de ces réductions a prouvé qu'elles manquaient leur but, qu'elles appauvrissaient le Trésor sans accroître la masse des produits transportés. Les chemins de fer d'ailleurs ne se font pas scrupule d'élever leurs prix durant la période de chômage des canaux; ils vont jusqu'à adopter des tarifs différentiels préjudiciables à l'État de New-York. A l'appui de cette assertion, M. Bell, dans un rapport en date du 1er janvier 1870, cite ce fait qu'au mois de février 1869, quand le prix de transport par rails de la farine de Détroit à Albany était de 3f,35 l'hectolitre, les mêmes chemins de fer ne prenaient que 3 francs pour Boston, qui est à 323 kilomètres plus loin.

M. Bell admet que les canaux doivent aujourd'hui borner leur ambition à transporter les marchandises lourdes, encombrantes et de peu de valeur, les produits de l'agriculture, des forêts et des mines. Ils serviront d'ailleurs de contre-poids au monopole des chemins de fer. Mais, même pour satisfaire à cette tâche restreinte, il faut que la navigation améliore un mode d'exploitation suranné. Accélérer la vitesse de marche et le passage des écluses, réduire de 10 ou 12 jours à 5 ou 6 le trajet de Buffalo à Albany, substituer la traction à vapeur au halage : voilà les problèmes que l'intérêt des bateliers et de l'État prescrit de résoudre sans retard. L'abaissement des droits ne serait, suivant M. l'auditeur, qu'un remède illusoire à la situation qu'on veut améliorer.

En ce qui concerne les bateliers, le malaise dont ils souffrent dans l'État de New-York tient surtout à ce que leur matériel, considérablement augmenté durant les années où la guerre de la Sécession obligea les produits de l'Ouest à s'écouler exclusivement par les routes du Nord, se trouve aujourd'hui disproportionné avec les besoins à desservir. Nous avons dit que le nombre des bateaux qui se trouvent présentement sur les canaux est de 6.870. On en voit quelquefois

de 800 à 1.000 accumulés à Buffalo, où ils se disputent la marchandise par l'intermédiaire de cinquante agences rivales.

Le tableau suivant fait voir ce qu'ont été les tonnages et les prix, durant une période de dix années, sur le canal et sur les deux voies de fer concurrentes :

ÉTAT COMPARATIF DU TONNAGE ET DU PRIX PAYÉ (FRET ET DROITS) PAR TONNE ET PAR KILOMÈTRE SUR LES CANAUX DE L'ÉTAT DE NEW-YORK, SUR LE NEW-YORK CENTRAL RAILROAD ET SUR L'ERIE RAILWAY, DE 1859 A 1868 :

ANNÉES.	CANAUX.		NEW-YORK CENTRAL RAILROAD.		ERIE RAILWAY.	
	TONNES A 1 KIL.	PRIX PAYÉ.	TONNES A 1 KIL.	PRIX PAYÉ.	TONNES A 1 KIL.	PRIX PAYÉ.
	millions.	centimes.	millions.	centimes.	millions.	centimes.
1859	870	2,10	251	6,66	235	6,78
1860	1.297	3,11	318	6,44	342	5,75
1861	1.382	3,37	379	6,12	402	5,41
1862	1.798	2,99	475	6,94	562	5,91
1863	1.654	2,74	499	7,50	646	6,53
1864	1.394	3,59	502	8,59	675	7,22
1865	1.350	3,44	424	10,34	622	8,62
1866	1.619	3,12	530	2,87	765	7,66
1867	1.533	2,81	579	7,91	880	6,58
1868	1.654	2,75	586	8,09	954	6,00
	14.551		4.543		6.083	
Développement des 3 réseaux en 1869.	1460 kilom.		954 kilom.		1244 kilom.	

(On estime à 183 millions la dépense d'établissement du New-York Central Railroad et à 282 millions celle de l'Erie Railway.)

CONCLUSIONS SUR LA NAVIGATION INTÉRIEURE.

Nous avons cherché à donner une idée de ce que sont actuellement les voies navigables des États-Unis. Cette longue chronique gardera-t-elle pour les lecteurs de notre Rapport quelque chose de l'intérêt qu'elle emprunte pour nous à des souvenirs personnels, à une connaissance au moins partielle des lieux et des personnes? Nous l'ignorons. Mais on y cherchera du moins des enseignements applicables aux voies navigables de la France : c'est à ce point de vue que nous allons résumer le présent chapitre.

Nous signalons d'abord des procédés de dragage très-perfectionnés.

La drague à cuiller est universellement employée aux États-Unis pour le curage et l'approfondissement des canaux, des rivières et des ports. Mais c'est une machine toute nouvelle que les Américains ont constituée non-seulement en combinant l'engin primitif avec une grue tournante et y appliquant la vapeur, mais surtout en adaptant à la direction du manche un mécanisme aussi simple que puissant et qui s'harmonise à merveille avec les autres organes. Ainsi transformée, la drague à cuiller nous paraît devoir être supérieure aux dragues à chapelet pour tous les dragages de sujétion. Outre l'avantage économique de n'élever les déblais qu'à la hauteur strictement nécessaire, elle est d'un maniement plus sûr et plus précis, d'un entretien plus facile, d'un tirant d'eau plus faible. Il faut ramener en France ce vieil engin que les Américains ont doté d'une vie nouvelle.

La drague à cuiller se prête particulièrement bien au curage des canaux. En la combinant avec une grue, de construction très-rustique aussi, qui parcourt l'une des digues sur des rails de service, on envoie les déblais sur les francs-bords extérieurs sans recourir aux *longs couloirs* du canal de Suez. — Installée enfin sur une plate-forme roulante, la drague à cuiller devient une machine à déblayer à sec : elle peut économiquement servir, dans un sol sablonneux, à creuser et surtout à élargir des tranchées.

Une drague plus compliquée, mais agissant avec plus de précision encore et de vigueur sur un point déterminé, c'est celle de MM. Morris & Cumings. Qu'elle fonctionne avec l'auge demi-cylindrique dont la capacité varie de 1 à 4 mètres cubes ou bien avec la griffe à mâchoires qui enleva des blocs de plusieurs mètres cubes à l'emplacement des piles du pont de la Rivière de l'Est; qu'on l'emploie dans les puits d'extraction des caissons à air comprimé ou à l'enlèvement des vestiges de vieux ponts, nous sommes porté à croire qu'elle doit faire plus ou mieux qu'on ne faisait avec les anciennes machines.

Passant à une autre sorte de dragages, au cas où les déblais ont besoin d'être non pas extraits de l'eau, mais simplement déplacés et transportés du haut-fond où ils gênent, dans le bas-fond où ils ne gêneront pas, nous croyons pouvoir recommander encore un appareil nouveau et peut-être deux. Il s'agit du *râteau* du colonel Long et du bateau à *hélices fouilleuses* du général Mac Alester. L'un et l'autre entament le banc de sable à travers lequel on veut creuser ou approfondir une passe, ils désagrégent le sol, mettent le sable en suspension et provoquent un déplacement qui se continue soit par le courant de la rivière, soit par les courants alternatifs de la marée. L'idée de cet approfondissement mécanique des passes sans extraction du sable n'est pas nouvelle; voilà quarante ans qu'on l'applique sur la Garonne; mais les engins imaginés jusqu'ici dans ce but ne paraissent pas avoir eu autant d'efficacité. D'autre part, on s'est peut-être découragé trop vite à la pensée de créer des chenaux purement temporaires, que les crues font disparaître et qui sont à recommencer périodiquement. C'est un bilan annuel à dresser. Les Américains en ont pris leur parti pour la navigation du Mississipi et de ses principaux affluents. La Loire et la Garonne nous semblent offrir une assez grande analogie de régime avec ces grands cours d'eau de l'Amérique centrale : toute la question est donc de savoir si les frais qu'il faudrait faire pour maintenir en eaux basses un mouillage raisonnablement fixé seraient en rapport avec les avantages procurés ainsi au commerce. Nous serions surpris que le râteau du colonel Long, qui peut s'adapter à un bateau ordinaire, n'eût pas des services à rendre sur la Loire en amont de Nantes et sur la Garonne. Quant au bateau-excavateur du général Mac Alester, il trouverait peut-être un utile emploi sur la Loire maritime, sur la Gironde, aux embouchures du Rhône, etc.

Nous avons heureusement fort peu d'arbres échoués dans le lit de nos rivières ; nous n'avons conséquemment rien à faire des *snag-boats* avec lesquels le colonel Macomb extrait en quelques minutes des arbres de 30 à 40 mètres de longueur, que des scies à vapeur débitent ensuite à bord, tandis que le bateau continue sa route en quête de nouveaux exploits.

Le prix plus élevé des bois de charpente ne permet guère que nous imitions les *crib-works*, ces crèches garnies d'enrochements dont les Américains font un si grand usage dans les rivières et surtout dans les ports conquis sur le lit de leurs grands lacs; mais cela n'empêche pas de remarquer combien ce type de digues est approprié aux convenances locales, combien il se prête au provisoire, aux tâtonnements si souvent commandés par la nature des choses et par l'exiguïté des ressources budgétaires.

Nous nous sommes infructueusement enquis des barrages mobiles. Le besoin probablement ne s'en fait plus sentir. Les barrages « américains » n'existent plus que dans une tradition fugitive. La « porte flottante de Brunot » dérive d'ailleurs du même principe. Mais depuis longtemps la France n'a rien à apprendre des autres pays en cette matière. Des hommes dont les noms resteront glorieusement inscrits dans nos annales, MM. Poirée, Chanoine-Carro et Desfontaines, ont prouvé, après bien d'autres, que la race anglo-saxonne n'a pas le monopole des inventions mécaniques.

Les bateaux et bacs à vapeur qui jouent un si grand rôle aux États-Unis n'ont aucun service à rendre chez nous. On pourrait pourtant remarquer encore, à ce propos, la souplesse d'esprit et la fécondité de ressources avec lesquelles les Américains diversifient leurs solutions suivant les exigences des temps et des lieux. Quel contraste entre ces édifices d'une architecture légère et élégante, qui semblent posés à la surface de l'eau, et les *monitors* qui y sont comme ensevelis, ces monitors que l'Amérique improvisa le jour où elle eut besoin de faire la guerre maritime, au grand étonnement des marines de France et d'Angleterre! — Les *ferry-boats* ont rendu depuis trente ans et rendent encore de grands services pour le transport des wagons de chemins de fer; mais ce n'est là qu'un expédient peu commode, qui fait perdre du temps et qui coûte cher. Partout aujourd'hui les ponts se substituent aux bacs. Appréciée par assimilation,

l'idée d'embarquer des wagons de voyageurs pour la traversée du pas de Calais nous paraît parfaitement réalisable en elle-même, mais peu pratique quant à ses résultats possibles.

Passant des rivières aux canaux, nous rappellerons que bon nombre de ceux qui furent construits de 1825 à 1840 ont été achetés par des compagnies de chemins de fer ou relégués à un rang secondaire parmi les voies de communication. Cette déchéance tient à des raisons multiples, parmi lesquelles nous nous permettrons de ranger une certaine inexpérience des travaux d'écluses et de barrages à exécuter en lit de rivière. Il y a du reste des exceptions; il y a des canaux qui ont continué à prospérer malgré la concurrence des chemins de fer : le réseau de l'État de New-York en est un magnifique exemple. Tous les embranchements du canal Érié ne concourent pas également aux excédants de recettes qui ont presque éteint aujourd'hui, en capital et intérêts, le milliard consacré depuis un demi-siècle à l'établissement du réseau; mais la faiblesse du trafic des lignes secondaires ne fait que mieux ressortir la vitalité de l'artère principale. Le rôle des voies d'eau n'est pas plus fini là qu'ailleurs. L'avantage essentiel des chemins de fer aux États-Unis, c'est qu'ils peuvent passer et pénétrer partout, jusqu'à l'entrée des mines, jusque dans les usines, et constituer par suite de longues lignes continues. C'est la continuité d'abord qu'il importe d'assurer aussi aux voies navigables; l'augmentation du tirant d'eau ne doit venir qu'en seconde ligne.

Comme perfectionnements de détail susceptibles d'être apportés à la construction des canaux, nous rappellerons les sept points suivants :

1° Le placement des écluses à une moindre distance de la digue de halage que de l'autre, ce qui facilite les manœuvres d'entrée et de sortie;

2° Le fruit donné au parement intérieur des bajoyers pour en élargir la base et prévenir éventuellement le surplomb qu'occasionne parfois un tassement accidentel;

3° L'évidement du mur de chute et le remplissage incomparablement plus rapide du sas au moyen d'ouvertures ménagées dans le plafond de la chambre des portes d'amont;

4° L'évidement, largement pratiqué, des murs de l'enclave d'aval en vue de relier le sas avec deux grands aqueducs d'évacuation;

5° La porte à rabattement pour l'amont des écluses ordinaires, engin d'une construction si économique et d'une manœuvre si simple;

6° L'idée de remplacer le galet de roulement des grandes portes d'écluses par des haubans de suspension passant sur un support à l'aplomb du poteau tourillon;

7° Les ventelles allongées qui tournent autour d'un axe horizontal médian et semanœuvrent à l'aide d'un simple levier;

8° Enfin, l'idée de suspendre la cuvette des ponts-canaux à des câbles en fil de fer ou de la fixer à des fermes en métal, dans le cas où des difficultés de fondation commanderaient d'espacer les points d'appui le plus possible.

En ce qui concerne la traction sur les canaux, nous n'avons rien vu de neuf aux États-Unis; mais la question y est tout à fait à l'ordre du jour. On se récrie beaucoup sur l'insuffisance des procédés actuels. Le prix de 100.000 dollars, que vient de voter la législature de l'État de New-York en faveur du système qui sera jugé le meilleur, est une preuve de l'intérêt pressant qui s'attache à une solution plus satisfaisante du problème.

CHAPITRE IV

PORTS DE MER

Ire SECTION.

§ 1. — DRAGAGES.

Pour mémoire. — Voir le chapitre de la Navigation intérieure.

§ 2. — ENLÈVEMENT DE ROCHES SOUS-MARINES.

Les travaux dont nous avons à parler se rapportent aux trois grandes baies de Boston, de San Francisco et de New-York. Ceux de Boston ont été exécutés par des procédés bien connus; aussi n'en dirons-nous que quelques mots. Pour San Francisco et New-York, la méthode est nouvelle. Nous nous étendrons particulièrement sur l'application qui vient d'en être faite à San Francisco et dont les résultats sont dès à présent bien constatés.

I. — TOWER-ROCK ET CORWIN-ROCK, A BOSTON.

La ville de Boston est bâtie à l'embouchure de la petite rivière Saint-Charles, et on y arrive de la pleine mer en circulant à travers un groupe d'îles. Jusqu'en

1868, le chenal d'accès principal empruntait, près de l'île du Great-Brewster, un défilé de 75 mètres de largeur seulement, compris entre deux rochers, Tower-Rock et Corwin-Rock. On voulut porter cette largeur à 180 mètres. Il fallait pour cela déraser, jusqu'à 7 mètres en contre-bas de la basse mer moyenne, les deux rochers dont l'un était à 5^{m},65, l'autre à 4^{m},88 de profondeur moyenne en contre-bas de ce niveau. Ce travail a été exécuté, en 1868 et 1869, sous la direction des ingénieurs du gouvernement.

Les mines superficielles qu'on essaya d'abord ne donnèrent de résultats que quand la surface présentait quelque anfractuosité où la poudre pût être introduite. On recourut dès lors à des trous de mine.

Au prix de 450 à 500 fr. par jour, M. George W. Townsend, entrepreneur de Boston, fournissait une perforatrice, un bateau avec machine à vapeur, grue, etc., un capitaine, six hommes et deux plongeurs. L'administration fournissait la poudre, les cartouches et les amorces. La dépense faite a été en nombre rond de 180.000 fr.

La perforatrice se composait d'une barre à mine, d'un support ou guide et d'une griffe pour soulever la barre. Elle pouvait fonctionner dans un courant de 2 mètres par seconde. Elle donnait de 60 à 80 coups par minute. Elle perçait des trous de 0^{m},09 de diamètre qu'on poussait jusqu'à 0^{m},30 en contre-bas du plan de dérasement définitif. L'expérience montra que l'explosion laissait ainsi subsister des saillies dont l'enlèvement ultérieur était coûteux, et qu'on aurait dû descendre de deux ou trois pieds au lieu d'un.

Après avoir essayé sans succès la poudre de mine ordinaire et la poudre de chasse, on employa trois variétés de poudre blanche dont la composition est indiquée ci-dessous :

	N° 1.	N° 2.	N° 3.
Chlorate de potasse.	490	»	»
Prussiate jaune de potasse.. . .	280	50	80
Sucre en poudre.	230	»	»
Kutch ou Gambia.	»	50	20
	1.000	100	100

On tenait à ce que les cartouches fussent non-seulement imperméables, mais

aussi incompressibles, afin que la poudre ne se prît pas en masse sous la pression de la colonne d'eau. On voulait, de plus, que l'enveloppe fût d'une matière plus légère que l'eau, afin que les morceaux pussent remonter à la surface au lieu de rester au fond du trou, dans le cas de mines demeurées sans effet. On essaya le fer-blanc, le bois, le carton, la fonte, le verre et le caoutchouc. Le caoutchouc finit par être à peu près exclusivement employé, malgré son haut prix, et quoiqu'il laissât un peu à désirer pour l'incompressibilité. La machine électrique qui servait à enflammer les amorces était une petite machine à plateau enfermée avec son armature dans une boîte carrée de $0^m,30$ de côté et $0^m,05$ d'épaisseur.

Le colonel Foster, qui a rendu compte de ce travail dans un rapport détaillé qu'on trouvera aux documents-annexes, recommande, en terminant ce rapport, d'enflammer d'abord dans les trous de mine de petites charges sans bourrage, qui provoquent des fissures dans différentes directions; on passe ensuite à une forte charge bien bourrée.

III. — BLOSSOM-ROCK, A SAN FRANCISCO.

« Blossom-Rock » est une roche isolée, située dans la baie de San Francisco, à 1.300 mètres de la ville, sur la route que suit le plus grand nombre des navires à l'entrée ou à la sortie du port.

Avant les travaux de dérasement dont elle vient d'être l'objet, cette roche s'élevait à $1^m,50$ en contre-bas des basses mers moyennes. Le sommet présentait une surface assez unie sur une longueur de $10^m,37$ et une largeur de $6^m,71$. A 24 pieds ($7^m,32$) de profondeur, niveau fixé pour le dérasement, la plus grande longueur était de $59^m,47$ et la plus grande largeur de $32^m,02$. La quantité de rocher à enlever était de 3.750 mètres cubes.

Le rocher est un grès métamorphique. Il pouvait généralement être entamé sans le secours de la poudre; mais il s'y trouvait des parties dures comme du granite.

Huit expériences, faites en 1867 avec douze barils de poudre posés à la surface à 15 ou 18 pieds de profondeur, ne donnèrent que 40 mètres cubes pour le cube total enlevé. La dépense avait été de 17.000 fr. environ; le mètre cube re- Mines superficielles.

venait donc à 425 fr. On avait d'ailleurs constaté que l'effet utile de la poudre diminuait notablement avec la profondeur. De là la nécessité d'attendre souvent les hautes eaux, ce qui faisait perdre beaucoup de temps, et d'autant plus que, si l'on n'enlevait pas à mesure les débris de l'explosion, l'effet des mines était amoindri. Le lieutenant Heuer estimait que, par ce procédé, le dérasement coûterait près de 300.000 dollars ou 1.500.000 fr.

Trous de mines combinés avec des explosions superficielles.

Il devait être beaucoup plus économique d'opérer en forant des trous de mines et y logeant des cartouches. Pour remédier aux difficultés de forage naissant de l'agitation de la mer au-dessus du roc, on pouvait échouer d'abord un bâti en charpente, installer dessus une petite machine à vapeur, creuser les trous, les garnir, puis remettre à flot et éloigner le bâti, après quoi on mettrait le feu à l'aide d'une batterie électrique. Ayant ainsi dérasé d'abord jusqu'à une profondeur de 18 pieds en contre-bas des hautes mers, on reviendrait, pour le surplus, aux mines superficielles. Suivant le lieutenant Heuer, la dépense n'eût été, dans ce système, que de 56.228 dollars.

Projet du général Alexander.

En 1868, le général Alexander proposa de procéder autrement.

On devait installer sur le sommet du roc, un peu élargi au besoin, un bâtardeau rectangulaire. Après avoir épuisé à l'intérieur, on y creuserait un puits descendant à 36 pieds en contre-bas des basses mers moyennes. Arrivé là, on ouvrirait horizontalement, dans le sens de la plus grande longueur du rocher, une galerie de 1m,37 de hauteur, puis six autres galeries perpendiculaires à la première et dont chacune aurait des branchements de droite et de gauche. On distribuerait dans toutes ces galeries 55 charges de poudre réglées en raison de l'œuvre assignée à chacune d'elles et représentant un poids total de 52.000 livres (23.400 kil.). Les mines devaient être enflammées toutes à la fois. L'auteur du projet estimait la dépense à 41.132 dollars en or (environ 225.000 fr.), mais sans y comprendre le travail qui resterait à faire pour enlever les débris au-dessus du niveau de 24 pieds.

Projet de M. von Schmidt.

Un entrepreneur, M. A.-W. von Schmidt, dont l'esprit hardi et inventif venait de se signaler par le creusement d'une grande forme de radoub au cap de Hunter, proposa presque en même temps une solution analogue à celle du général Alexander, mais plus radicale encore. Il voulait excaver d'abord la masse entière du

rocher, sur une hauteur variable, en ne laissant subsister qu'une sorte de croûte superficielle de 6 pieds ($1^m,83$) d'épaisseur : on ne ménagerait que des piédroits finalement remplacés par des poteaux. De plus, on devait approfondir l'excavation en contre-bas du plan de dérasement projeté, afin que les débris de la croûte se logeassent, au moins pour la plus grande partie, dans le vide ainsi pratiqué.

M. von Schmidt offrait d'exécuter le travail en dix-huit mois et à forfait, au prix de 75.000 dollars (375.000 fr.), sans toucher un centime avant que les ingénieurs du gouvernement eussent reconnu que le mouillage de 24 pieds à basse mer était entièrement réalisé.

Mais l'adjudication publique est de principe aux États-Unis comme en France. Ce fut le mode que l'administration supérieure prescrivit de suivre au mois de février 1869. **Pourparlers préalables à l'exécution.**

Les soumissions devaient être déposées au bureau de l'ingénieur en chef (le colonel Williamson). L'affiche portait que, dans le cas où le prix demandé excéderait 45.000 dollars, les amateurs devraient faire connaître à quelle profondeur ils se chargeraient de déraser la roche pour cette somme. Il ne se présenta qu'un seul amateur, M. George W. Townsend (de Boston). Il offrait d'enlever pour 45.000 dollars 675 mètres cubes de rocher, ce qui, suivant lui, donnerait quinze pieds de mouillage. L'ingénieur en chef estima qu'on n'obtiendrait pas ainsi plus de 13 ½ pieds. L'offre de M. Townsend ne fut pas acceptée.

L'administration en revint alors à l'offre de M. von Schmidt. — Dans le marché conclu directement avec lui, on remarque une clause qui interdit, non-seulement à tout fonctionnaire ou agent du gouvernement, mais encore à tout membre du Congrès de prendre un intérêt dans l'entreprise.

M. von Schmidt se mit à l'œuvre en octobre 1869. **Exécution.**

On commença par échouer sur le rocher un bâti en charpente lesté par des enrochements et maintenu par des amarres ainsi que par des pieux de pourtour dont les sabots d'acier pénétraient dans le rocher. A la partie supérieure, à 20 pieds au-dessus du roc, on établit un plancher et un abri où les ouvriers prenaient leurs repas et couchaient.

Au centre du bâti était ménagée une cavité carrée, parementée en planches et entourée d'un coffre de $0^m,60$ d'épaisseur, que remplissaient des sacs d'argile.

Il fallut d'ailleurs garnir intérieurement la base de ce coffre avec du ciment pour empêcher la pénétration de l'eau. Quand le ciment eut durci, on posa dessus un cylindre de tôle de 6 pieds de diamètre et 14 pieds de haut, et l'on ajouta du ciment dans le vide qui le séparait du batardeau. Cela fait, on épuisa.

On commença en Décembre le fonçage du puits. Un seul homme pouvait y travailler à la fois. Quand on fut à une profondeur de 10 pieds, l'eau s'infiltrant à travers le rocher en quantité gênante, on descendit en contre-bas du premier cylindre un second cylindre de diamètre un peu moindre et on coula du ciment dans le vide qui le séparait de la paroi rocheuse. On fut encore obligé plus bas de « télescoper » un troisième tube dont le diamètre était réduit à $1^m,58$ et dont le bas se trouva à 14 ½ pieds en contre-bas du sommet de la roche. En Janvier 1870, le puits était descendu à 31 pieds 6 pouces en contre-bas de la basse mer : on s'arrêta là. Les infiltrations avaient presque entièrement cessé.

On ouvrit alors des galeries suivant le plus grand et le plus petit axe de la roche. On employa dès ce moment la vapeur pour élever les déblais; une grue tournante les rejetait au dehors. En Février, seize mineurs travaillaient à la fois. L'excavation prit la forme d'une grande chambre dont le toit cintré était supporté par une douzaine de colonnes. La hauteur fut portée en Mars à 12 pieds ($3^m,66$). L'épaisseur moyenne du toit était d'environ 14 ½ pieds ($4^m,42$). Toutes les colonnes, sauf les quatre qui avoisinaient le puits, furent remplacées par des poteaux de 20 à 25 centimètres d'équarrissage. Une petite pompe à vapeur, placée dans la chambre du puits, suffisait pour tenir la fouille à sec. Avec seize hommes, on extrayait par jour environ 36 mètres cubes de pierre. Le pic à pointe d'acier ordinaire suffisait à l'abatage.

Au commencement d'Avril, une forte secousse de tremblement de terre se produisit, mais ne fit aucun mal.

L'excavation était à peu près terminée quand quelques mineurs, en dressant les aspérités de la surface, atteignirent du gravier roulé par les eaux et qui paraissait agglutiné dans une argile bleuâtre. Cette découverte les effraya, et plusieurs décampèrent aussitôt. La croûte restante de rocher avait environ $4^m,60$ d'épaisseur; quelques filets d'eau passaient à travers, mais sans gêner le travail; on étaya, et la fouille ne fut pas poussée plus loin de ce côté-là.

Tout déblai cessa le 20 avril. L'excavation avait alors 42^{m},70 de longueur, 18^{m},30 de largeur et une hauteur maximum de 3^{m},66.

Il restait à installer les mines. On employa 20.000 kilogrammes environ de poudre, fabriquée par économie avec du nitrate de soude. On en remplit trente-huit barils, d'une capacité moyenne de 228 litres, et sept vieilles cuves en tôle. On les distribua à des intervalles de 2^{m},44 environ, en les assujettissant par des pièces de bois pour empêcher que l'eau qui devait remplir la chambre ne les déplaçât. Dans chaque baril plongeait horizontalement, par un des fonds, un tube de fer de 0^{m},90 de longueur et 37 millimètres de diamètre, comme ceux qui servent à la conduite du gaz. Ce tube était fermé à son extrémité, mais percé latéralement de trous de 3 millimètres de diamètre, distants de 0^{m},13. Il était rempli de poudre ordinaire et contenait vers le milieu une amorce à laquelle aboutissaient deux fils électriques. Ces fils se reliaient respectivement, pour chaque baril, à deux fils généraux qui, protégés par des tubes en caoutchouc, remontaient finalement par le puits au sommet du batardeau. Tandis que le fil de retour plongeait dans l'eau par son extrémité, l'autre fut prolongé jusqu'à 244 mètres de distance et mis en communication avec la machine électrique. Un tour de manivelle provoqua une explosion instantanée. On évalua à 60 mètres le diamètre de la colonne d'eau, qui jaillit à une hauteur plus considérable encore, surmontée par des fragments de roc et de bois, avec un jet prédominant au centre et qui parut tout noir. La population de San Francisco était accourue en foule sur les hauteurs voisines, le 23 Avril à midi, pour jouir du spectacle.

Des sondages, faits immédiatement après, montrèrent que le mouillage minimum n'excédait pas 14 pieds. On pensait que les courants de marée feraient disparaître une partie considérable des débris; mais on constata, quelques jours plus tard, que l'état des lieux n'avait pas changé sensiblement. Il fallait donc que l'entrepreneur procédât à un dragage spécial. Il fit construire dans ce but un puissant râteau de fer, à dents recourbées, suspendu et accroché sous un radeau qu'un remorqueur fit passer et repasser sur l'emplacement de la roche. Peu à peu les débris furent entraînés dans les bas-fonds avoisinants; mais ce fut très-long et très-dispendieux. Lors de notre visite à San Francisco, à la fin du mois d'Août, le travail était loin d'être à sa fin; il ne se termina qu'en Décembre. Résultat.

Conclusions.

Le but a donc été atteint, mais il ne l'a été que péniblement et chèrement, à cause du dragage complémentaire qu'il a fallu exécuter. M. Williamson n'en concluait pas moins qu'un procédé nouveau était désormais acquis à l'art d'enlever les roches sous-marines. Il expliquait le mécompte partiel de l'entreprise par des raisons très-plausibles.

La dépense faite pour les dragages paraît avoir excédé celle faite jusqu'à l'explosion inclusivement. La fouille pratiquée était insuffisante. Suivant la disposition originairement prévue par M. von Schmidt, la plus grande partie des débris de la croûte devaient, en retombant, se loger dans l'excavation pratiquée en contre-bas du niveau de 24 pieds, tandis qu'avec le déblai auquel on s'était restreint, le vide opéré en contre-bas du niveau requis n'atteignait pas la moitié du cube restant à enlever au-dessus. Pour que ce cube restant pût se loger sur place, il eût fallu que la fouille fût descendue à 10 pieds plus bas.

L'entrepreneur avait supposé qu'il suffirait de ménager une croûte de 6 pieds d'épaisseur : il fallut, en fait, réserver une épaisseur de 14 à 18 pieds pour que l'eau ne s'infiltrât pas dans la chambre en quantité supérieure aux moyens d'épuisement dont on disposait. Mais, bien que des fuites suspectes se fussent manifestées vers les extrémités de la chambre, rien n'empêchait de creuser davantage dans la partie centrale. Il y eut donc là une sorte de dérogation au principe même du système.

On avait assez généralement supposé que les courants de marée balayeraient les débris; mais, en estimant approximativement la grosseur des morceaux, on aurait été conduit bien vite à douter que la vitesse des courants, sur la roche considérablement abaissée, dût être assez grande pour déterminer l'entraînement.

Ces débris, au dire des plongeurs, après qu'on eut disloqué (à l'aide de quelques mines superficielles) des fragments demeurés intacts du batardeau, étaient en moyenne de la grosseur d'un œuf. Or ils eussent pu être moindres et d'un entraînement plus facile si l'explosion n'eût perdu, par suite d'une circonstance accidentelle, une partie de l'efficacité sur laquelle on était en droit de compter. Le matin du 23 Avril, on avait percé dans le cylindre de tôle, à $0^m,60$ au-dessus du niveau des basse mers, un trou de $0^m,13$ de diamètre destiné à introduire l'eau dans la chambre quand la marée monterait. Or il paraît que la chambre

ne se trouvait guère remplie qu'aux deux tiers quand l'explosion eut lieu. M. Williamson attribue à ce fait une part du mécompte.

Il y a évidemment là d'utiles enseignements à recueillir.

III. — HELL-GATE, A NEW-YORK.

Au point où le bras de mer qui sépare Long-Island du continent joint l'île dont New-York occupe la plus grande partie, ce bras de mer se rétrécit en un passage obstrué de roches sous-marines et qu'on appelle *Hell-Gate* (la porte d'Enfer). Ces roches n'empêchent pas que beaucoup de navires arrivent à New-York ou s'en éloignent par là. Il y en a même tant, qu'on ne peut établir ni batardeaux ni ponts de service pour les travaux à exécuter dans le lit de la « Rivière de l'Est », et de fréquentes explosions de mines sous-marines seraient incompatibles avec les exigences de la circulation. Ce sont là des sujétions locales qui entrent dans les données du problème.

L'inconvénient des roches de Hell-Gate n'est pas tant de restreindre la largeur et la profondeur du chenal, que de produire des courants, des courants très-obliques. C'est à cela surtout que l'on veut remédier. Quand la mer monte, les eaux s'élèvent aux deux extrémités du bras et s'écoulent vers l'intérieur; c'est le contraire pendant la période du reflux. La vitesse à Hell-Gate varie de 3 à 13 kilomètres par heure: on voudrait la réduire à 6 kilomètres au plus.

De 1849 à 1852, un Français (M. Maillefert) a dérasé, au moyen de mines superficielles, le rocher appelé *Pot's Rock;* on a obtenu sur ce point 20 pieds d'eau ($6^m,10$), mais non 25 pieds ($7^m,62$), comme on le voulait. En 1855, on a fait disparaître une autre roche nommée *Frying Pan*. On a repris en 1867 le projet d'affranchir définitivement la navigation des difficultés qu'elle rencontre au passage de Hell-Gate, et présentement on travaille à creuser un chenal à travers le promontoire nommé *Hallet's Point*.

Travaux de Hallet's Point.

Comme on est là contre la rive, on a pu, sans gêner sérieusement la navigation, établir un batardeau en demi-cercle, un coffrage rempli d'argile et sable de $1^m,20$ de largeur et de $1^m,60$ de hauteur, assis sur le rocher. On a épuisé et creusé dans l'intérieur jusqu'à 5 ou 6 mètres en contre-bas du niveau de l'eau;

puis, partant de cette grande fouille (qui pouvait avoir 50 mètres sur 30), on a ouvert trois galeries ayant environ 1^{m},50 de largeur et autant de hauteur. C'est dans cet état que nous avons vu le chantier au mois de Juillet 1870. On avait extrait déjà 3.630 mètres cubes de rocher, au prix de 38$^{fr.}$, 33 le mètre cube. — Les galeries devaient être poussées non pas horizontalement, mais en descendant à peu près parallèlement à la surface extérieure du rocher qu'on voulait laisser intact sur une épaisseur de 3 mètres au moins. Cela fait, on devait réunir ces galeries rayonnantes (en plan) par d'autres galeries concentriques, de façon à ce que le toit ne fût soutenu que par des piédroits; puis, on devait creuser des puits verticaux jusqu'à 30 pieds (9^{m},15) en contre-bas de la basse mer, et là ouvrir un nouveau système de galeries rayonnantes et de galeries concentriques. Des mines devaient être placées partout et enflammées simultanément. Le général Newton comptait enlever les débris au moyen de la drague et de la griffe de Morris & Cumings. — Si des fissures du rocher laissaient passer l'eau, on renoncerait aux galeries inclinées, on approfondirait la chambre intérieure du batardeau jusqu'au niveau du dérasement projeté, puis on ouvrirait simplement le système des galeries horizontales inférieures.

Le général Newton se proposait d'essayer également dans le lit de la rivière ce mode de creusement à sec. Il avait fait construire, à cet effet, une coupole en fonte ayant 9^{m},15 de diamètre à la base, 3^{m},66 à l'orifice supérieur et 4^{m},50 de hauteur. Posée sur le fond de la rivière et émergeant, elle abrite contre les courants tout l'espace qu'elle recouvre. En introduisant un cylindre dans le milieu, garnissant d'argile le vide compris entre ce cylindre et la cloche, et épuisant, on aura un emplacement convenable pour le fonçage d'un puits qui, creusé jusqu'au niveau du dérasement projeté, deviendra le point de départ d'un système de galeries. — Cette cloche est placée entre deux chalands, ou plutôt dans une cavité, de 10 mètres de diamètre, ménagée au milieu d'un ponton rectangulaire de 37 mètres de longueur et 15 mètres de largeur, fortement charpenté et prémuni contre le choc éventuel des navires. Quatre treuils, manœuvrés par quatre machines à vapeur à double cylindre, ont été disposés sur le ponton pour soulever ou abaisser la cloche.

Si l'on ne peut pas excaver le rocher et placer les mines à sec, on en reviendra

au procédé qui consiste à percer des trous sous l'eau à la surface et à y faire placer les mines par des plongeurs. Mais nous avons dit que les batardeaux sont inadmissibles ici ; les courants gêneraient en outre le service des barres à mines et des plongeurs : on compte, par suite, recourir aux deux dispositions suivantes, qui d'ailleurs doivent être exclusivement appliquées aux extractions de peu d'importance.

Si les roches à faire sauter sont peu éloignées de la rive, on construira une jetée ou estacade, munie de rails qui permettront de porter en avant une plate-forme transversale sur laquelle seront installées seize ou dix-huit perforatrices pouvant fonctionner à la fois. Les deux parties entre lesquelles l'estacade divise cette plate-forme se feront équilibre à l'aide de haubans, comme les deux parties des ponts-tournants américains. On protégera les barres à mines par des tubes en fonte. Les trous seront espacés d'environ 2 mètres. M. Newton pensait qu'avec la nitro-glycérine le dérasement s'opérerait suivant un plan passant par le fond des trous de mine, tandis que la poudre ordinaire laisse subsister des saillies dans l'intervalle. Plate-forme volante.

Si les rochers sont un peu loin de la rive, on emploiera la coupole. Elle est percée de huit trous pour le passage de huit tubes dans chacun desquels peut fonctionner une perforatrice. Quatre voies de fer, établies parallèlement dans la longueur du ponton, au-dessus de la coupole, reçoivent chacune un chariot qui porte deux perforatrices; les huit barres peuvent être ainsi amenées à l'aplomb des huit tubes. La cloche n'a pas d'autre objet, dans ce cas, que d'abriter contre le courant les plongeurs et les tubes. Elle est percée de trois ouvertures garnies de glaces pour l'éclairage intérieur. — Les chaudières et les cylindres à vapeur sont dans l'entrepont, les unes à l'avant, les autres à l'arrière.

Les perforatrices se composent simplement d'une chaudière cylindrique verticale de 2 mètres de hauteur, d'un cylindre à vapeur incliné de 1 mètre environ de longueur et 15 à 20 centimètres de diamètre, enfin d'une barre à mine carrée, réunie par une articulation avec la tige du piston et agissant dans le prolongement de l'axe. Le tout est monté sur une petite plate-forme mobile sur quatre galets. Perforatrices.

M. Newton comptait employer la nitro-glycérine par charges de 20 à 30 li-

vres. On en fabrique de trois sortes aux États-Unis : mono, bi et trinitro-glycérine. Celle-ci, fabriquée par M. Mowbray (qui a un brevet d'invention), est la plus stable, bien qu'elle demande encore à n'être maniée que par des ouvriers spéciaux. On l'emploie actuellement avec succès dans le percement d'un tunnel qui doit avoir 6.635 mètres de longueur (tunnel de Hoosac, Massachusetts, à 80 kilomètres de Troy et 219 kilomètres de Boston).

§ 3. — FORMES DE RADOUB.

Observations générales.

On sait que les Américains ont peu de bassins de radoub en maçonnerie et n'emploient guère que des formes flottantes pour la réparation de leurs navires. Cela s'explique non-seulement par la préférence qu'ils accordent en général aux ouvrages en charpente sur les ouvrages en maçonnerie, mais aussi par le peu de hauteur de la marée et par l'étendue des baies dans lesquelles les navires sont disséminés.

La marée, qui n'est que de $0^m,45$ dans le golfe du Mexique, augmente à mesur equ'on s'élève vers le nord le long de la côte orientale ; mais elle n'est encore que de $1^m,50$ à $1^m,80$ à New-York. Elle a donc l'inconvénient de laisser une grande hauteur d'eau à épuiser dans les bassins, et ne se prête pas mieux à l'usage des grils de carénage. Les Américains étaient ainsi conduits à chercher d'autres procédés pour placer momentanément leurs navires hors de l'eau. De là les cales inclinées que des chariots, portant les navires, remontent sur des rails; de là les « screw docks, » ou docks à verrins, dans lesquels on soulève par des tiges verticales une plate-forme en charpente, échouée ou immergée à une profondeur suffisante, à l'emplacement que vient ensuite occuper le navire; de là encore les « hydraulic docks, » dans lesquels le levage s'effectue par une application de la presse hydraulique. Mais c'est surtout la forme flottante qu'on emploie. Entre autres avantages, elle permet d'aller prendre un navire à l'endroit même où une avarie se déclare. La même raison a fait installer sur bateau des machines à mâter, d'autres qui servent à relever les bateaux échoués, des appareils de transbordement, etc.

I. — FORMES DE NEW-YORK.

Un numéro du *New-York Herald*, qui contenait (au moment de notre arrivée) un compte rendu hebdomadaire des opérations de radoub effectuées dans le port, donnait la nomenclature suivante :

Clinton-Street,	Sectional dry dock,
Smaller,	id.
The Great,	id.
The Mammouth,	id.
The Erie basin,	id.
The Central,	Screw-dock.
The Large,	id.
The Smaller,	id.
The Smaller,	Balance-dock.
The Mammouth,	id.

Si cette nomenclature est complète, comme nous le supposons (*mais nous n'avons pas eu occasion de le vérifier*), la navigation marchande trouverait à New-York 10 formes de radoub, savoir : 5 formes flottantes à *sections*, 3 formes fixes à *verrins* et 2 autres à *balance*.

Formes d'Hoboken.

Nous avons été visiter à Hoboken une forme à *sections*. — Une berge à pente très-douce, couverte de bois en préparation, nous amena au niveau d'une sorte de radeau ou ponton rectangulaire, dont les rives longitudinales présentaient des bâtis en charpente analogues à ceux indiqués dans le cours de ports de mer de M. l'inspecteur général Chevallier. Un grand steamboat de l'Hudson reposait sur des tins et des accores basses *ajustables*, tandis que ses flancs n'étaient maintenus que par quelques béquilles en fer. La forme était divisée, dans le sens de sa longueur, en *sections* de $9^{m},50$; il y avait par section trois accores et deux béquilles de chaque côté. Les accores, mobiles sur des traverses qui sont munies latéralement d'une crémaillère, traînent à l'arrière une

languette qui, en s'arc-boutant, les empêche de reculer quand on les a amenés sous le bateau: ils portent un chapeau qu'on soulève avec un verrin par une de ses extrémités pour produire le contact. Les béquilles, articulées par leur pied, trouvaient assez d'espace pour se rabattre sur le ponton du côté opposé au bateau.

Cette plate-forme placée au niveau même du sol riverain et où l'on accède de plain-pied, sans avoir à descendre, hommes et choses, comme dans nos bassins en maçonnerie, — l'ampleur d'espace dont on dispose à l'entour du navire, — le fonctionnement rapide et précis de ces étais, accores ou béquilles, qui sont en si petit nombre : ces dispositions nous ont paru devoir être d'un usage bien commode. Mais l'ouvrage, bien qu'entièrement construit en charpente grossière, doit être d'un entretien dispendieux.

Tins et accores ajustables de M. J.-Th. Parlour.

Parmi les divers systèmes d'accores ajustables, celui de M. Joseph Thomas Parlour, de Brooklyn, paraît spécialement bien conçu. (*Les détails qui suivent sont empruntés en substance à l'*Engineering *du* 27 *mai* 1869.)

Tins. — Les tins, espacés de 6 pieds (1^{m},83) suivant l'axe de la forme, sont composés chacun de trois pièces : deux coins mobiles, B, C, et un chapeau plat D. Le coin inférieur B se déplace sur une glissière horizontale A, et le coin supérieur C s'élève plus ou moins sur la face inclinée du coin B. Chacun de ces coins porte une languette pouvant s'arc-bouter contre une crémaillère que porte la pièce inférieure. Chacun d'eux aussi peut être tiré par ses deux extrémités au moyen de chaînes, de tringles et de poulies de renvoi. — Le chapeau qui forme la partie supérieure du tin ne doit pas être entraîné horizontalement dans le mouvement des coins, il ne se déplace que verticalement et reste toujours dans l'axe de l'appareil. A cet effet, il est muni de deux tiges de fer qui montent ou descendent dans deux gaînes fixes. Ces gaînes servent en même temps à guider latéralement le mouvement des deux coins. — Pour qu'on puisse dégager, au besoin, l'un des tins pendant l'opération du radoub, on introduit deux articulations dans le *doigt* d'arc-boutement : un verrou empêche habituellement l'une des articulations de jouer, et il suffit de le soulever pour dégager le doigt. — Le chapeau se fait toujours en bois garni de fer ou en fonte évidée.

Accores. — L'accore se compose aussi de trois pièces, deux coins et un cha-

peau. Mais le coin supérieur est lui-même formé de deux parties réunies par une charnière *f*, de sorte qu'il est à angle variable. D'ailleurs le coin inférieur se meut sur une glissière inclinée, guidé dans ce mouvement par deux oreilles doubles *r*. — L'écartement des deux branches du coin supérieur est maintenu soit par deux courts coins transversaux qui sont dirigés en sens contraire, soit par une vis à double pas, soit par un coin qu'une vis enfonce plus ou moins entre les deux branches. Cela permet de dégager, au besoin, les accores pendant l'opération du radoub. — Le chapeau est relié ici au coin inférieur; il l'est par deux barres de fer entre lesquelles passe le coin supérieur. Chacune de ces barres, mobile autour du boulon qui l'attache au chapeau, est maintenue à la partie inférieure par deux coulisses *b*, *b'*, dont la première est invariablement fixée au coin inférieur, tandis que la seconde y est simplement reliée par une articulation *t*; un crochet qu'on soulève au besoin réunit ces deux coulisses.

Avant que le navire s'engage dans la forme, on écarte les coins des tins de manière que ceux-ci aient le moins de hauteur possible. Le navire une fois entré et exactement placé dans l'axe, on épuise l'eau contenue dans les caisses de flottaison jusqu'à ce que le navire ne se trouve plus qu'à une petite distance au-dessus des tins. On rapproche d'abord les coins des deux tins extrêmes, à l'avant et à l'arrière, jusqu'à ce qu'ils viennent toucher la quille. Puis on amène les accores contre les flancs du bâtiment au moyen des chaînes qui agissent sur le coin inférieur (sur celui-là seulement). On soulève enfin tous les tins intermédiaires, et on achève d'épuiser.

II. — FORMES DE SAN FRANCISCO.

La marine militaire a un arsenal sur la rive orientale de la baie de San Francisco, à 20 kilomètres au nord-est de la ville. On y trouve plusieurs formes de radoub ; elles sont toutes flottantes et à sections.

Dans la direction opposée et sur l'autre rive, à 8 kilomètres du centre de la ville, près du promontoire nommé *Hunter's Point*, se trouvent deux autres formes appartenant à une Compagnie particulière. Elles ont été construites simultanément et sont en service depuis le commencement de 1869. L'une est en maçonnerie, l'autre est flottante et à sections.

Forme en maçonnerie. Le bassin en maçonnerie a été creusé dans le rocher. Entre les eaux de la baie et le bord extrême de la fouille on avait réservé une épaisseur suffisante pour former un batardeau naturel qu'on ruina quand l'ouvrage fut terminé. Le bassin reproduit en plan la forme générale d'un navire, il est légèrement cintré sur les flancs et arrondi à l'arrière. Il est fermé par un bateau-porte. En coupe verticale, on trouve à l'arrière une inclinaison assez faible pour qu'un escalier d'accès ait pu être établi dans l'axe du bassin. Sur les côtés, l'inclinaison est d'environ 1 de base pour 2 de hauteur, sauf dans le bas, où elle s'adoucit par une courbe. La longueur utile du bassin, de l'arrière au bateau-porte, au niveau des basses eaux, est de 416 pieds (126^m,88). La largeur est, savoir :

Au fond.	60 pieds	= 18^m,30
Au niveau des basses eaux.	74	= 22 ,57
Au niveau des couronnements.	90	= 27 ,45

La hauteur d'eau sur le seuil de la porte en eaux basses est de 16 pieds (4^m,88). La fouille a été creusée jusqu'à 6^m,40 en contre-bas des basses eaux. Les couronnements sont à 31 pieds et demi (9^m,30) au-dessus du fond du bassin.

Les parois latérales portent un revêtement en gradins de bois, sauf à l'arrière du bassin et en amont du bateau-porte, où le rocher est revêtu de briques. La tête d'aval est en pierre de taille.

Le bateau-porte ferme une ouverture trapézoïdale de 18^m,50 dans le bas et 27^m,50 dans le haut. Il est en bois. Il porte une petite machine à vapeur conduisant une pompe à force centrifuge de 0^m,30 environ de diamètre qui sert à y introduire l'eau ou à l'expulser.

Il n'existe pas de glissières pour faire descendre les bois dans le bassin.

La machine d'épuisement est de 300 chevaux. Elle comprend deux cylindres horizontaux de 0^m,85 de diamètre et 1 mètre de course. Une tige verticale transmet le mouvement à deux fortes pompes à force centrifuge de 2 ^{m},50 de diamètre qui font 90 tours par minute et débitent 40.000 gallons (152 mètres cubes) à la minute. On vide le bassin en deux heures. Il se remplit en trente-cinq minutes.

Forme flottante La forme flottante est en bois et à caisses de compensation. La longueur est

de 210 pieds (64 mètres) et la largeur intérieure de 64 pieds (19^{m},52). La caisse inférieure a une hauteur de 11 pieds (3^{m},35) et les caisses latérales s'élèvent à 26 pieds (7^{m},93) au-dessus de la plate-forme.

Ces deux formes étaient inoccupées le jour de notre visite (le 30 Août) et paraissaient l'être depuis longtemps. Du reste, le bassin en maçonnerie ne sert que pour les grands navires. Le tarif de ce bassin est, savoir :

Pour les voiliers	2 fr. 50	par tonne le premier jour,
	1 25	les jours suivants ;
Pour les steamers	4 fr.	par tonne le premier jour,
	2	les jours suivants.

Les formes flottantes *en fer* paraissent devoir être désormais adoptées pour la marine fédérale. M. l'amiral Porter[1] nous a montré à Washington les dessins et le modèle en petit d'un type arrêté en 1870 par une Commission spéciale après des études approfondies. C'est une coque d'une seule pièce, à double paroi comme à double fond, divisée par des cloisons étanches en un certain nombre de compartiments que des pompes à vapeur permettront d'épuiser isolément.

[1] Investi quelques mois plus tard d'une dignité exceptionnelle, celle d'*Amiral des États-Unis*. Le général Sherman a le titre correspondant pour l'armée de terre : il est *Général des États-Unis*.

IIe SECTION.

§ 1. — COUP D'ŒIL GÉNÉRAL SUR LES TRAVAUX MARITIMES EN COURS D'EXÉCUTION OU EN PROJET.

Les ports de mer qui figuraient en 1870 au budget fédéral sont les suivants :

1° Littoral de l'Atlantique :

- Boston. . . . . } Nouvelle-Angleterre.
- Provincetown. . . } Nouvelle-Angleterre.
- Block-Island. . . . } Nouvelle-Angleterre.
- New-Hawen. . . . } Nouvelle-Angleterre.
- New-York.
- La Delaware.

2° Golfe du Mexique :

- La Nouvelle-Orléans.
- Galveston.

3° Littoral du Pacifique :

- Crescent-City.
- San Francisco.
- San Pedro.
- San Diego.

On construit en ce moment des murs pour protéger les falaises des îlots au milieu desquels passe le chenal d'accès du port de Boston. — A Provincetown, tout près du cap Cod, on défend des rives à l'aide d'épis formés de planches clouées contre des pieux. — A Block-Island, île habitée surtout par des pêcheurs, à l'entrée nord-est du canal de Long-Island, le besoin d'un port de refuge se fait vivement sentir. — A New-Haven, vers le milieu du canal, on fait sauter des roches de granite sous l'eau avec une poudre brevetée du Dr Echall.

Dans l'intérêt de la Nouvelle-Orléans, on se borne à approfondir la Passe-à-Loutre, comme nous l'avons dit en parlant du Mississipi. — A Galveston, les Ingénieurs proposent d'entretenir dans une des deux passes qui donnent accès à la baie un chenal de 25 mètres de largeur et $3^m,70$ de profondeur. La marée, qui n'est que de $0^m,30$ en moyenne dans ce port, ne produit pas de courants pouvant venir en aide au râteau du colonel Long ou à l'hélice du général Mac Alester; il faudra donc recourir ici aux dragues qui enlèvent le déblai hors de l'eau.

Crescent-City est une ville de 458 habitants sur le littoral de l'océan Pacifique, vers le nord de la Californie : il serait bon d'y avoir un port de refuge; mais, cette création devant exiger 220.000 mètres cubes d'enrochements et coûter 11 millions, le colonel Williamson pense qu'elle serait prématurée. Le même ingénieur nous a montré en croquis un projet d'amélioration de San Diego, le meilleur port de la Californie (2.300 habitants) après San Francisco; mais ce projet n'est pas non plus à la veille de s'exécuter.

Après ces indications sommaires, données simplement pour ordre, nous parlerons avec plus de détail du port de New-York et du brise-lames de la Delaware. Nous terminerons par quelques mots sur San Francisco.

§ 2. — LE PORT DE NEW-YORK.

Situation topographique de la ville.

La ville de New-York occupe la plus grande partie d'une île comprise entre l'Hudson et la *Rivière de l'Est*, et dont la pointe méridionale marque le commencement de la baie. L'Hudson a 1.600 mètres environ de largeur; la Rivière de l'Est, qui n'est autre chose que le prolongement du bras de mer dont Long-Island est entouré, se réduit à 600 mètres sur le point le plus resserré de son circuit sinueux. Du côté du nord, l'île n'est séparée de la terre ferme que par un faux bras de l'Hudson, qui la prend en écharpe et débouche dans la Rivière de l'Est non loin de *Hell Gate:* c'est la rivière de Harlem; les navires y remontent jusqu'au pont métallique dont nous avons parlé; des bateaux de tirant d'eau moindre portent les voyageurs plus haut, jusqu'au grand pont-aqueduc en maçonnerie (*High-Bridge*) dont nous parlerons bientôt; après quoi la rivière, de plus en plus rétrécie et envasée, cesse d'être navigable; cette partie supérieure

du faux bras est ce qu'on appelle le *Spuyten Duyvel Creek*. A proprement parler, l'île de Manhattan n'est qu'une presqu'île.

C'est dans la partie inférieure que *New-Amsterdam* a été fondé en 1612; c'est de « la Batterie » établie à l'extrémité sud que la ville est partie pour s'étendre vers le nord à mesure que l'espace lui fit défaut. Le commerce est resté d'ailleurs concentré, entassé, dans le bas de la ville (*Down Town*), tandis que les quartiers du nord se couvraient exclusivement de maisons d'habitation. L'île a 3 kilomètres et demi de largeur environ. La ville s'étend à peu près sans solution de continuité sur 8 kilomètres de longueur, dans la direction du N.-N.-E., jusqu'au *Parc Central*. Ce parc à son tour a 4 kilomètres de longueur et 1 de largeur moyenne. Puis il y a 8 kilomètres encore à parcourir pour atteindre l'origine du Spuyten Duyvel Creek. La ville est officiellement divisée en arrondissements (*wards*) sur 15 kilomètres de longueur à partir de la Batterie et couvre environ 5.000 hectares de superficie. La surface totale de l'île de Manhattan est de 57 kilomètres carrés.

La baie.

En aval de son confluent avec la Rivière de l'Est, l'Hudson, conservant sa direction générale du nord au sud, forme deux baies successives, qui sont comme l'avant-port et la rade de New-York. La baie supérieure a 13 kilomètres de longueur et 9 de largeur maximum. Elle communique au sud-ouest avec un autre bras de mer qui entoure l'île appelée *Staten-Island*. Un goulet de 1.800 mètres de largeur et 2 kilomètres de longueur sépare les deux baies. La baie inférieure a la forme générale d'un triangle dont les trois côtés ont 24 kilomètres de longueur environ et qui est ouvert du côté de l'est, du côté de l'Europe, sous le 41e parallèle (à peu près celui de Madrid, de Naples et de Constantinople). Il y a cependant une pointe basse de sable (*Sandy-Hook*) qui, s'avançant du sud au nord, ferme en partie le côté de la rade confinant à la pleine mer. Cette pointe est le point de ralliement des navires à destination de New-York; c'est près de là qu'on entre dans la baie.

La Longue-Ile (Long-Island) est la terre qu'on aperçoit d'abord en arrivant d'Europe. Elle apparaît à l'horizon du côté du nord, comme une dune basse et peu distincte. Les équipages sans pilote évitent de s'en approcher et se tiennent plutôt au sud du parallèle de Sandy-Hook. Les navires de tous genres se multi-

plient à l'horizon à mesure qu'on approche du continent; mais on reconnaît sans peine la coque immobile et vue par le travers qui supporte le feu flottant placé à 12 kilomètres en avant de Sandy-Hook. Les trois tourelles blanches des phares de la terre ferme apparaissent ensuite.

Le pilotage est nécessaire pour franchir, entre deux lignes sinueuses de bouées, la barre qui obstrue l'entrée de la baie; du reste, il est obligatoire. Des pilotes dûment autorisés offrent à l'envi des services rémunérés largement; ils se portent au loin, dans des goëlettes élégantes comme des yachts, à la rencontre des navires; ils s'avancent quelquefois jusqu'à 5 ou 600 kilomètres de New-York; une chaloupe les porte d'un bord à l'autre. Ils reçoivent 6 à 700 francs pour le pilotage d'un paquebot tel que ceux de la Compagnie transatlantique française, c'est-à-dire environ 100 francs par mètre d'enfoncement à l'arrière. Les passes de l'entrée sont telles que, quand nous quittâmes New-York le 5 Octobre, à bord de la *Ville-de-Paris* qu'on avait chargée de fusils et de cartouches jusqu'à l'extrême limite du tirant d'eau normal, il fallut attendre dans la baie supérieure que la marée fût favorable. — Beaucoup de bâtiments à voiles arrivent, comme nous l'avons déjà dit, à New-York non par la baie, mais par le canal de Long-Island. Le trajet est plus court et la navigation plus facile dans ce chenal abrité; mais, ainsi qu'on l'a vu, le passage de Hell-Gate est impraticable pour bon nombre de navires.

Dès qu'on a franchi la passe de la baie, on quitte la direction de l'Ouest pour celle du Nord. Staten-Island et les terres qui font suite forment au Couchant un rideau de collines verdoyantes. New-York se découvre après qu'on a dépassé le goulet (*the narrows*). Les clochers pointus des églises se détachent seuls au-dessus des toits plats des maisons.

Quelquefois les paquebots s'arrêtent dans la baie, et l'on débarque, comme à Brest, à l'aide d'un bateau à vapeur auxiliaire. Mais le plus souvent on débarque à quai, comme au Havre ou à Marseille. Les quais.

Les quais de débarquement et d'embarquement sont formés par des môles (*piers*) perpendiculaires à la direction générale de la rive et ordinairement couverts de hangars clos. C'est là ce qu'on appelle des *docks* en Amérique. Les navires accostent sur l'un et l'autre flanc. De grandes portes à coulisses s'ouvrent

latéralement pour recevoir, au moyen de petits ponts volants, les voyageurs et les marchandises. Le hangar est accessible aux voitures qu'y amène une rue longeant la rive et passant ainsi à la naissance de tous les môles.

Ces quais ou docks ont de 80 à 150 mètres de longueur et de 10 à 20 mètres de largeur. Les intervalles qui les séparent ont de 50 à 100 mètres de largeur et en général forment autant de cases (*slips*) dans lesquelles les navires stationnent. La marée ne variant guère que de $1^m,50$ à $1^m,80$, des bassins à flot ne sont pas nécessaires.

Les môles sont composés, pour la plupart, de coffrages remplis de pierrailles ou débris quelconques. On recouvre le remblai d'un plancher en madriers de sapin. Quelquefois ce plancher repose sur des pieux isolés. Le sous-sol est généralement formé de gravier; il est parfois de rocher ou d'argile compacte (*hard pan*); sur ce sous-sol est un dépôt de vase dont l'épaisseur atteint $2^m,50$ en quelques endroits. — Sur les rives du môle se trouve toujours une ligne de pieux isolés et saillants qui le protégent contre le choc des navires et servent à l'amarrage. Leur saillie est d'environ 2 mètres au-dessus de la plate-forme des môles, 4 mètres au-dessus du niveau moyen de l'eau. Aux deux angles du môle il y a six à huit pieux réunis en un faisceau et cerclés. Ces heurtoirs élastiques, qui plient ou s'inclinent sans rompre sous le choc et reviennent à leur position verticale, aident beaucoup à la rapidité des manœuvres.

C'est également avec des bois superposés dans le système des crib-works, et à l'aide de pieux de retenue placés en arrière, qu'on soutient verticalement la rive dans l'intervalle des jetées.

Cette série de môles forme deux groupes distincts, l'un étant sur l'Hudson et l'autre sur la Rivière de l'Est. Les deux rues en bordure (*West Street* et *South Street*) sont pourvues chacune de deux voies de fer que parcourent des omnibus à traction de chevaux. Il y a même des trains de wagons qui viennent le long de l'Hudson, remorqués par une locomotive.

La plus grande partie des marchandises qui se débarquent ou s'embarquent sur ces quais ne va pas ou du moins n'a pas besoin d'aller en ville. Aussi s'est-il établi, sur les rives de New-Jersey et de Brooklyn, des quais qui font concurrence à ceux de New-York. C'est là que se trouvent les formes de ra-

doub fixes ou flottantes. A Brooklyn est l'un des huit arsenaux de la marine fédérale. La rive ouest de l'Hudson, du côté de New-Jersey, paraît être moins exposée que l'autre aux envasements; on y trouve, sur une grande longueur, de 10 à 12 mètres d'eau; il y a d'ailleurs encore de grands espaces non bâtis sur cette rive, dont l'importance commerciale et maritime paraît devoir augmenter beaucoup.

IMPORTANCE DU PORT.

Nous allons grouper quelques chiffres propres à donner une idée générale de l'importance actuelle du port de New-York.

1° Arrivage de produits de l'intérieur.

Le chemin de fer de l'Érié et le New-York Central ont amené en 1870, de Buffalo à New-York, 1.651.919 animaux vivants, savoir :

388.057 têtes de gros bétail,
557.447 moutons,
739.519 porcs,
7.896 chevaux.

En 1860, le nombre total ne s'élevait qu'à 382.096.

La quantité de grains amenée de Buffalo à New-York, en 1870, a été de 1.600.000 tonnes, dont moitié par eau et moitié par chemin de fer.

La quantité *totale* de grain reçue à New-York s'élevait au même chiffre en 1868; elle présentait 200.000 tonnes de plus en 1870.

En marchandises de toute nature, il est arrivé à New-York en 1868, savoir :

Par le New-York Central.	1.846.599	tonnes.
Par le chemin de fer de l'Érié.	3.908.243	»
Par le canal Érié et l'Hudson..	6.442.225	»
Total.	12.197.067	»

2° Mouvement de la navigation.

Les chemins de fer, la navigation intérieure, le cabotage, la navigation au long cours, desservent concurremment les échanges qui s'opèrent dans cette capitale commerciale et financière de l'Union.

New-York a 15 lignes de *ferry-boats* sur la Rivière de l'Est, 9 sur l'Hudson et 2 sur la baie, dans la direction de Staten-Island. L'ensemble de ces lignes est

affermé par la ville à des compagnies au prix annuel de 880.750 fr. Le nombre des voyageurs transportés est évalué à 100 millions par an.

On compte sur l'Hudson 74 bateaux porteurs ou toueurs (steamboats à roues et à fond plat). 180 bateaux (steamboats ou steamships) naviguent entre New-York et d'autres ports des États-Unis. Plus de 120 steamships font des voyages au long cours.

Il est entré en 1869 dans le port de New-York 5.364 navires comprenant, savoir :

2.260	navires	américains,	dont 200	steamships,
2.222	»	anglais,	420	»
412	»	allemands,	128	»
31	»	français,	26	»

Les cinq septièmes des émigrants qui vont aux États-Unis débarquent à New-York. Il en est venu 258.989 en 1869, et 85.810 d'entre eux déclarèrent que leur intention était de se fixer dans la ville ou dans l'État de New-York[1].

3° Exportation. La valeur totale des marchandises parties du port de New-York en 1869 pour des ports étrangers, non compris les espèces métalliques, était estimée à 976.133.530 francs. Cette valeur n'a fait qu'augmenter jusqu'ici. Cependant quelques personnes prétendent que la taxe de 25 francs par tonne, qui pèse sur les marchandises passant par les quais de New-York, est trop élevée et aurait déjà eu pour effet de détourner une partie des produits de l'Ouest vers Baltimore, Philadelphie, Jersey-City, le Saint-Laurent. Le *New-York Times* citait en 1870 les quantités comparatives de grain reçu aux quatre ports suivants (en millions d'hectolitres, nombres ronds) :

	EN 1866.	EN 1869.
Buffalo.	17	12
Ogdensburg.	3	5
Montréal.	2	3
Philadelphie..	1	3

[1] Sur ces émigrants de l'année 1869, 40.754 étaient originaires de la Prusse proprement dite (non compris le Hanovre, etc.). 212 étaient nés en France.

Le journal attribuait d'ailleurs ces variations à l'élévation des droits perçus sur le canal Érié.

D'après une note émanée de M. Thomas Murphy, *collector* (receveur général) des douanes, le tonnage des navires entrés dans le port de New-York en 1869 a été de 4.681.356 tonnes. 4° Importation.

La même année, la valeur des importations a été de 1.531.788.365 francs, et la recette de la douane s'est élevée à 625.098.593 francs.

Les trois articles qui figurent pour les plus fortes sommes dans les importations sont les suivants :

Le sucre.	176.163.785 francs.
Le café.	70.336.400
Le thé.	62.872.465

D'après M. H.-C. Gardiner, entendu dans une enquête dont nous parlerons ci-après, le tonnage des marchandises qui passent annuellement par les docks de Londres n'excéderait pas 5 millions de tonnes, et celui de Liverpool serait un peu inférieur, tandis que le tonnage du port de New-York dépasserait 12 millions de tonnes. 5° Exportation et importation.

Sur les 5 milliards de francs que représente le commerce total d'exportation et d'importation des États-Unis (non compris les réexportations d'espèces et de marchandises étrangères), près des trois quarts appartiennent au port de New-York.

Sur les 150 milliards auxquels on estime la valeur totale des propriétés immobilières ou mobilières des États-Unis, plus du cinquième appartient à l'État de New-York, plus du trentième à la seule ville de New-York. Voici, en ce qui la concerne, les estimations qui ont servi de bases à la perception des impôts en 1869 et en 1870 :

	1869.	1870.
Valeurs immobilières..	3.415.572.340 fr.	3.710.671.750 fr.
Valeurs mobilières.	1.405.713.480	1.526.463.495
TOTAL.	4.821.285.820 fr.	5.237.135.245 fr.

Avantages et inconvénients des quais de New-York.

Nous avons indiqué le mode de construction des quais. Tous ces ouvrages, crèches garnies d'enrochements, pieux isolés, planchers, hangars, sont grossièrement, mais économiquement construits. Ils forment un contraste complet avec les nôtres, par exemple avec les superbes bassins tout neufs du port de commerce à Brest, contraste d'autant plus frappant que les bassins de Brest sont encore peu fréquentés, tandis que les quais de New-York sont encombrés de marchandises qui s'y renouvellent incessamment. Marchandises et colis se trouvent en un instant débarqués et déposés à l'abri des intempéries atmosphériques et des voleurs. Peu de personnel, point de bruit, point d'agitation inutile. (Nous parlerons à part, dans le chapitre des Objets divers, du chargement et du déchargement des marchandises.) Les procédés se diversifient d'ailleurs suivant qu'il s'agit de houille, de bois, de matériaux de construction, de foin, de blé, de sel, de marchandises en sacs ou en caisses, etc. Les quais se spécialisent en conséquence, suivant ces grandes catégories, et se divisent entre les principaux négociants. Les magasins généraux qui entourent les grands bassins de Londres ne s'adapteraient pas aux convenances américaines.

Tout en appréciant ce fonctionnement commode des quais de New-York, il est difficile de n'être pas choqué de leur aspect maussade, de la malpropreté et de la mesquinerie des abords, du manque de dégagements, de l'insuffisance d'éclairage, de l'encombrement permanent de la rue qui longe le fleuve, de l'affreux pavé des rues voisines. Les Américains eux-mêmes reconnaissent ces inconvénients et en souffrent dans leur amour-propre national; mais ils en souffrent surtout dans leurs intérêts : la nécessité d'améliorer l'accès des docks est reconnue de tout le monde. — Une autre réforme dont l'urgence est proclamée, c'est de supprimer, en les remplaçant par des supports isolés, les massifs pleins des môles. Soustraits aux courants de la marée, les bassins intermédiaires s'envasent et exigent des dragages onéreux. De plus, ils reçoivent et conservent le produit des égouts, ce qui en fait des foyers de miasmes pestilentiels. — Puis ces constructions en charpente, si économiques à établir, sont d'un entretien dispendieux; plusieurs des quais ne pourraient, dit-on, être entretenus en bon état avec le produit des droits qu'on y perçoit, et il n'est pas rare d'en voir tomber de vétusté. — Enfin, le commerce sent le besoin d'avoir soit sur les

môles, soit le long de la rue de ceinture, des magasins qui affranchiraient une partie des marchandises d'un double camionnage.

Voilà les critiques que l'on formule contre les quais actuels. Tout en conservant le type des quais perpendiculaires à la rive, on voudrait faire table rase de ce qui existe et procéder à un remaniement complet. On en profiterait pour établir, au moins sur la rive de l'Hudson, un chemin de fer à voyageurs. On voudrait améliorer en même temps le système des égouts dans les quartiers riverains, qu'incommode l'infiltration des eaux à marée haute.

Que d'obstacles de tous genres à l'exécution d'une transformation aussi radicale! Il est pourtant permis de croire qu'elle se réalisera, et dans un avenir peu éloigné. Au moment même où nous arrivions à New-York (le 27 Juin), la question venait d'entrer dans une voie pratique.

Mesures administratives prises en vue de l'amélioration des docks.

Le gouvernement fédéral n'intervient ici que pour fixer et faire respecter, dans l'intérêt général des navires, les deux alignements du quai de rive et de l'extrémité des môles. L'État de New-York, propriétaire des terrains occupés par ces môles et par les bassins intermédiaires, après avoir concédé une partie des môles à la ville et le surplus à des particuliers, avait conservé sur le tout un droit de surveillance et de contrôle qu'une loi du 26 avril 1870 a transféré à la ville. Conformément aux termes de cette loi, la ville a institué une commission chargée désormais de l'administration et de l'amélioration des docks et investie à cet effet de grands pouvoirs.

Les môles de New-York sont au nombre de 155, dont 64 appartiennent à la ville et 54 à des particuliers; les 37 autres sont dans une situation mixte. Cette propriété de la ville représenterait, dit-on, dans son état actuel, une valeur de 50 millions de francs, et la totalité des quais vaudrait le double. Quoi qu'il en soit, la commission des docks est investie du droit d'acquérir, juridiquement ou à l'amiable, tout ce qui n'appartient pas déjà à la ville. Elle pourra par suite démolir et reconstruire, en disposant, comme elle jugera utile, des terrains appartenant à l'État. Elle est autorisée à émettre chaque année pour 15 millions de francs d'obligations remboursables au bout d'une période de cinquante ans et produisant au plus 7 pour 100 d'intérêt. On espère que les émissions pourront être combinées avec des locations et des droits de quai suffisants pour couvrir

l'intérêt et l'amortissement, de telle sorte que la ville n'ait pas de charges à s'imposer de ce chef. — Pour justifier cette entreprise financière, on cite la distribution d'eau du Croton, qui, après avoir rendu les 65 millions de francs qu'elle a coûtés, représente, dit-on, aujourd'hui une valeur de 500 millions. On cite encore le parc Central, pour lequel une dépense faite de 54 millions s'est traduite par une forte augmentation de revenu pour la ville. On cite enfin une dépense d'environ 375 millions faite en Angleterre pour des docks publics qui couvrent une surface de 400 hectares, et la dépense de plus d'un milliard faite dans le même pays pour le même objet aux frais du trésor public durant les cinquante dernières années.

La Commission des docks a choisi pour ingénieur en chef le général Mac-Clellan[1].

NQUÊTE. Le 23, le 24 et le 28 Juin, le 1er et le 8 Juillet, la Commission a tenu des séances publiques d'enquête dont les procès-verbaux ont été publiés. Elle devait continuer à recevoir deux fois par semaine, dans des séances particulières. toutes indications ou propositions relatives à la transformation des doks. On trouvera les procès-verbaux aux documents-annexes. Nous en extrayons les faits les plus saillants en les groupant, pour plus de clarté, sous quelques chefs principaux.

A. — Mur de quai. Tout le monde s'accorde à demander d'abord un mur de quai en maçonnerie, reporté à une quinzaine de mètres au large de la rive actuelle. Le libre passage qu'on va rendre aux courants sous les jetées compensera et au delà la diminution de section que cet avancement du mur pourrait produire. On tient beaucoup à ne pas réduire la section de l'Hudson, ce qui pourrait avoir pour effet de provoquer un exhaussement de la barre de Sandy-Hook. (M. Haswell, p. 131). « Pensez-vous, demande l'un des commissaires à M. J. Burrows Hyde (p. 92), que le rétrécissement du fleuve à 27 kilomètres en amont de New-York, en un point (nommé *Tappan Zee*) où il offre un grand excès de largeur, aurait quelque influence sur les conditions de la navigation dans la baie? — Sans aucun doute, répond M. Hyde; car, lorsque la marée monte, plus le volume d'eau introduit est grand, plus est

[1] Ce généralissime des armées du Nord au début de la guerre de la Sécession a commencé par être un des plus brillants élèves de l'École de West-Point.

grande la vitesse du retour, qui doit s'opérer dans un temps déterminé; plus est énergique, par suite, la puissance d'entraînement des vases déposées à l'embouchure de la rivière. » — Suivant une autre personne, dont les assertions un peu vagues ne doivent probablement pas être prises à la lettre, les terrains abusivement retranchés de la baie de l'Hudson équivaudraient à la surface du lit de la Tamise en aval de Londres.

M. Hyde propose d'asseoir la maçonnerie sur des caissons en tôle de 3 mètres de longueur, immergés suivant le mode employé dans ces dernières années pour la construction des murs de quai de Londres. Il estime (p. 96) qu'avec une hauteur supposée de 30 pieds ($9^m,15$) ce mur pourrait coûter 100.000 francs pour une longueur de 75 pieds ($22^m,85$).

Le capitaine James C. Nichols propose d'enfoncer jusque dans le terrain solide des pieux à vis en fer de $0^m,10$ ou plus de diamètre, espacés de 4 pieds ($1^m,22$) d'axe en axe. Des dalles percées de deux trous seraient descendues le long de ces pieux et superposées avec la précaution de croiser les joints. Chaque dalle, avant d'être descendue, serait recouverte d'une couche de mortier hydraulique.

M. J.-B. van Deusen propose d'appuyer le mur sur de petits tubes de fonte qui coûteraient, dit-il, beaucoup moins que des grands. Ces tubes, espacés de $3^m,05$ d'axe en axe dans les deux sens, seraient superposés par tronçons de $3^m,66$ de hauteur et assemblés à l'aide de brides intérieures et de boulons. Ceux de la ligne extérieure auraient $0^m,50$ de diamètre et $0^m,025$ d'épaisseur. On les enfoncerait en extrayant par l'intérieur la vase ou le sable. Le tube étant descendu à la profondeur voulue, un plateau de fonte serait placé par-dessus de manière à augmenter la surface d'appui dans le rapport de 1 à 15. On remplirait les tubes avec du béton ou avec de l'asphalte mélangé de gravier. Des saillies latérales, venues de fonte, permettraient de les relier entre eux.

Les pierres de taille, prises soit à West-Point, soit à Palisade-Rocks (sur la rive de New-Jersey), arriveraient économiquement par eau à pied-d'œuvre. C'est de la seconde de ces carrières que sont sorties les pierres employées au château de Saint-Jean-d'Ulloa (Vera-Cruz), à la forteresse Monroë (sur le bord de la Chesapeake) et au brise-lames de la Delaware.

b — Supports isolés des nouveaux quais.

M. Nichols propose d'appliquer aux supports isolés des nouveaux quais son système de dalles enfilées. Les supports seraient carrés, sauf le dernier dont les angles seraient arrondis. Ils auraient 2^{m},44 de côté et seraient formés chacun de quatre pieux à vis avec deux dalles pour chaque assise. Ils seraient espacés de 10 à 12 mètres. On les recouvrirait d'un tablier métallique sur lequel pourrait être édifié un magasin à plusieurs étages.

M. Hyde propose des colonnes de fonte blanche remplies de maçonnerie ordinaire ou de béton et enfoncées à l'aide de l'air comprimé à travers la vase, le sable et le gravier, jusqu'à ce qu'elles reposent sur l'argile compacte (p. 93). Cette argile se rencontrera à une profondeur variant de 1^{m},50 à 6 mètres en contre-bas du fond actuel de la rivière. On réglera le diamètre des colonnes d'après leur hauteur. Supposant que cette hauteur varie de 12^{m},20 à 19^{m},82 à l'extrémité des jetées, M. Hyde ferait varier le diamètre de 1^{m},52 à 2^{m},44. Mais en général des colonnes de 0^{m},91 à 1^{m},83 suffiront. L'un des commissaires lui demandant si un homme pourrait descendre et travailler dans une colonne de 0^{m},91, M. Hyde répond que cela se ferait sans difficulté. — Un quai de 500 pieds de longueur et 70 pieds de largeur (152^{m},50 et 21^{m},35) coûterait environ 1.500.000 francs. Il faudrait deux ans soit pour en construire un, soit pour en construire vingt, comme M. Hyde offre de le faire (p. 88). — Il pourrait être utile pour certaines marchandises (p. 88) que la largeur du quai fût portée à 100 pieds (30^{m},50); mais ce serait là un maximum; et en général une largeur de 70 pieds suffit (p. 83) pour qu'on puisse embarquer ou débarquer sur les deux côtés du môle à la fois.

M. van Deusen propose ses colonnettes de fonte.

M. O. Davidson bat des pieux de bois en un faisceau qu'il protége par un fort cylindre de fonte, formé de tronçons dont les joints sont imperméables. Ces cylindres sont enfoncés jusque dans un sous-sol imperméable, de manière que l'eau ne puisse pas s'introduire par-dessous le bord inférieur. On épuise alors à l'intérieur et on remplit l'intervalle existant entre les pieux et le cylindre avec du bon béton (*very durable concrete*). Un procédé spécial permet, dit-on, de battre les pieux de manière qu'ils soient serrés les uns contre les autres dans le fond. On ne les assemble que par le haut, au moyen de boulons, après le battage. Ce

sont ces pieux qui doivent supporter la charge supérieure. L'enveloppe en fonte doit être d'autre part assez épaisse pour résister aux chocs des navires et des glaces. — Les pieux ont une section d'un pied carré. Les deux colonnes d'angles ont 5 pieds ($1^m,52$) de diamètre et contiennent chacune 9 pieux; les autres colonnes extérieures ont 4 pieds ($1^m,22$) et contiennent 5 pieux; les colonnes intérieures ont 3 pieds ($0^m,91$) et contiennent 4 pieux. — Ce système de supports mixtes de bois et de fonte a été expérimenté deux fois déjà pour deux ponts de chemin de fer construits l'un dans la ville de Providence (État de Rhode-Island), l'autre sur le Connecticut (*Shore Line Railroad*). A Providence, les pieux ont été enfoncés par $4^m,57$ d'eau, avec un courant de 6 nœuds (11 kilomètres à l'heure), dans un fond de vase; le pont est en service depuis le commencement de 1868. Sur le Connecticut il y a quatre travées fixes avec un tablier tournant; ce tablier, qui pèse 240 tonnes, est supporté par 13 colonnes; les colonnes ont été enfoncées par 8 à 12 mètres d'eau, avec un courant de 4 nœuds (7 kilomètres à l'heure), dans un fond de gravier. — « Quel est, demande un des commissaires, l'avantage de ces supports mixtes sur les colonnes métalliques enfoncées à l'aide de l'air comprimé, puis remplies de béton? » M. Davidson (ou plutôt M. Allen qui le représente) répond que les pieux compriment le sol tandis que le fonçage à l'air comprimé l'ameublit, et qu'ils constituent des appuis plus solides que les colonnes de béton; il ajoute que le système des supports mixtes est beaucoup plus économique : un quai de 183 mètres de longueur et $19^m,85$ de largeur pourrait être, suivant lui, construit en 60 jours au prix de 1.000.000 de francs.

Le même M. Allen parle seul de la distance à ménager entre les môles, et il la fixe au triple de la largeur maximum des bateaux que les bassins sont destinés à recevoir, de telle sorte que si, comme sur l'Hudson, il y a place pour deux bateaux d'un même côté du quai, l'emplacement contigu à la rive puisse être abordé ou quitté sans dérangement pour le bateau qui occupe l'emplacement extérieur. — Dans le même ordre d'idées, M. Hyde (p. 92) relève la faute commise pour certains quais de la Rivière de l'Est dont la longueur n'est que partiellement utilisée, se trouvant trop grande pour un seul navire et pas assez pour deux.

C. — Magasins à édifier sur les quais.

M. Hyde, que nous citerons encore, est grand partisan de magasins spéciaux à édifier sur les quais. Il dit qu'il n'y en a pas un seul dans la ville même pour le sel ni pour le sucre, qu'on en manque pour le blé, que l'emmagasinage de certaines marchandises coûte aujourd'hui moitié en sus de ce qu'il coûterait; il ajoute que les magasins ne seront pas plus dispendieux à construire sur les môles que de l'autre côté du boulevard de ceinture et qu'ils y seront plus commodément placés. Raisonnant sur un quai de 152^{m},50 de longueur et 22^{m},26 de largeur, et réservant un passage libre de 2^{m},13 au pourtour, il construirait un magasin de 18 mètres de largeur surmonté de 4 étages, magasin équivalent en surface utile à 10 étages d'un bâtiment de 30 mètres sur 9^{m},15 (p. 83). On donnerait au rez-de-chaussée une hauteur de 4^{m},57 pour que les chargements de coton, de laine et de houblon puissent y pénétrer; la hauteur serait de 2^{m},75 pour le 1er et le 2e étage, de 2^{m},44 pour le 3e et le 4e. Un magasin construit dans ces conditions coûterait environ 4.500.000 francs, ce qui ferait avec le môle 6 millions.

M. Charles Pontez propose de constituer tout à la fois le môle et le magasin au moyen de quatre coffres flottants, en bois ou en fer, qu'on mettrait bout à bout. Une disposition analogue à celles des formes de radoub flottantes permettrait de faire monter ou descendre ces pontons. Ils seraient maintenus et guidés, dans le mouvement d'élévation ou d'abaissement, par deux rangées de colonnes en pierre de taille de 5 à 6 mètres de diamètre, espacées de 35 mètres. Chaque coffre étant amené en place, on introduirait l'eau; le coffre, descendant contre des feuillures, s'appuierait finalement sur des saillies ménagées dans la pierre des colonnes. Un plancher supérieur constituerait le quai. L'espace disponible à l'intérieur pour l'emmagasinage des marchandises serait de 30^{m},50 sur 12^{m},20. Avec un quai de 137 mètres de longueur totale, le magasin aurait une capacité quadruple, c'est-à-dire équivalente à celle d'un bâtiment de 30^{m},50 sur 12^{m},20 à 4 étages.

D. — Destination de la zone de ceinture.

Les idées émises touchant la largeur et l'usage à faire de la zone de ceinture (ce que nous appellerions simplement le *quai*) varient beaucoup. Une largeur de 25 mètres suffirait suivant M. John A. Bryan; M. William C. H. Waddell demande 45 mètres.

Dans l'opinion de M. Bryan, le besoin d'un chemin de fer longeant la rive

domine tous les autres. Il place les rails en tranchée, entre deux murs reliés inférieurement par un radier concave. On élèverait les wagons à l'aide de machines au niveau des quais. On construirait sur la tranchée autant de ponts qu'il serait nécessaire et même des magasins. Des siphons traversant les deux murs et passant sous les rails amèneraient le produit des égouts dans la rivière, à un niveau intermédiaire entre les hautes et les basses eaux. Des vannes permettraient d'introduire les hautes eaux dans des réservoirs établis en dedans du mur intérieur : en retournant ensuite de ces réservoirs à la rivière, les eaux produiraient l'expulsion des matières contenues dans les siphons. — Quant aux nouveaux môles, M. Bryan trouve qu'on ferait mieux de laisser à chaque concessionnaire la faculté de les construire à sa guise.

D'autres personnes conservent le chemin de fer, en multipliant les voies, au niveau des môles dont chacun donnerait lieu à l'établissement d'un branchement avec plaque tournante. D'autres enfin demandent un chemin de fer assis sur des arcades ou sur des colonnes. M. Bishop propose même deux étages de rails.

E. — Évacuation des matières d'égout.

Il paraît certain qu'il n'y aura plus d'inconvénient à faire déboucher les égouts dans la rivière dès qu'on aura rendu aux courants de marée la faculté de balayer le pied du mur d'enceinte. Mais certaines personnes voudraient qu'on retînt les matières solides pour les utiliser comme engrais. Dans ce but, M. Samuel B. Nowlan propose d'établir sous le quai de rive une série de bassins de dépôt communiquant à la rivière par des portes qui s'ouvriraient à marée basse pour des alléges chargées de porter ces matières aux exploitations agricoles des rives supérieures de l'Hudson. Une autre personne propose un égout collecteur qui se prolongerait au loin dans la baie.

F. — Conservation des bois et des fers.

La question de la conservation des bois et des fers, incidemment abordée dans l'enquête, a donné lieu à quelques observations que nous allons rapporter.

M. Allen rappelle que les bois qui ne sont jamais exposés à l'air peuvent se conserver indéfiniment, et il cite le remarquable exemple de l'ancien pont de Londres, commencé en 1176 sous le règne de Henri II et démoli en 1823 après six siècles d'existence. Les pieux, extraits à l'aide de machines, se trouvèrent dans un état presque parfait de conservation. Suivant la méthode introduite en Angleterre peu après la conquête, on protégeait la partie des pieux supérieure aux basses

eaux en battant une enceinte extérieure d'autres pieux et remblayant l'intervalle avec de la terre et des pierres. La destruction de ces pieux extérieurs et la difficulté de les enlever conduisaient plus tard à en battre d'autres encore plus éloignés. De cette façon les piles s'élargissaient et le courant augmentait de vitesse au grand détriment de la navigation. Les nombreux accidents arrivés ainsi au pont de Londres en rendirent la démolition nécessaire.

Les eaux de Londres, dit M. Hyde (p. 96), ne contiennent pas de tarets (*teredos*); mais il y en a de plusieurs espèces dans les eaux de New-York. Suivant M. Haswell (p. 132), la quantité de tarets (*teredo navalis*) a diminué près des quais depuis qu'on y envoie l'eau douce du Croton. La même amélioration s'est fait sentir à Brooklyn depuis l'arrivée des eaux de Ridgewood.

M. Théodore W. Heinmann protége efficacement le bois en l'imprégnant de résine ou autre matière semblable (p. 119). Son mandataire cite à ce sujet des témoignages explicites.

Suivant M. Hyde (p. 85), les eaux de New-York contiennent des matières animales et végétales produisant des gaz particuliers qui détruisent le fer. Il pense, ainsi que M. Peter Cooper (p. 101), que la fonte blanche (*the white iron*) est faiblement altérée par l'eau salée; la fonte grise (*the gray iron*) l'est beaucoup plus. La cassure d'un morceau de fonte blanche rappelle, dit M. Cooper, celle d'un morceau de verre : elle est nette et blanche, tandis que celle de la fonte grise montre un assemblage de gros grains. La fonte blanche coûte moins cher (dit-il encore), parce qu'elle se fabrique plus rapidement, en brûlant moins de charbon, et avec un minerai qui ne pourrait fournir de la fonte grise. — Quand on posa les fils télégraphiques de l'île de Terre-Neuve, on chercha à les préserver de l'action destructive des vapeurs d'eau salée. La galvanisation des fils en eût augmenté le prix d'un tiers environ. M. Cooper les préserva en les plongeant dans un bain d'huile de lin bouillante. Quinze ans se sont écoulés depuis lors, et le fer est à peu près dans le même état qu'au moment de la pose.

Suivant M. Allen, le même procédé, complété par l'emploi de la presse hydraulique, conserve très-bien les colonnes de fonte.

M. Skeel (p. 142) protége le fer par un enduit de gutta-percha de $0^{m},003$ d'épaisseur.

Nous bornons là ces extraits des procès-verbaux d'une enquête dans laquelle cinquante-trois projets ont été soumis à la Commission. En citant un aussi grand nombre de petits faits, nous n'avons pas eu égard seulement à l'intérêt réel que plusieurs d'entre eux présentent et aux lumières qui peuvent s'en dégager incidemment ; nous avons voulu faire voir par un exemple ce que sont ces enquêtes qui jouent un bien plus grand rôle aux États-Unis que chez nous dans la direction des travaux publics. L'imagination de chacun peut s'y donner carrière en toute liberté; c'est aux Commissions à résister à des entraînements irréfléchis. D'après ce que nous avons appris ultérieurement, voici ce que la Commission de New-York a décidé d'abord : Premières conclusions.

1° On créera un boulevard (*river street*) dont la largeur est fixée ainsi qu'il suit (*Voir le plan de New-York*) :

Le long de l'Hudson.	76^{m},25
Le long de la Rivière de l'Est :	
De la Batterie à la rue de Montgomery.	61
De là jusqu'à la Grande-Rue..	46
De là jusqu'à la 31e rue.	61
Au delà.	53 ,37

Ces largeurs suffiront pour assurer un accès facile aux môles et satisfaire à tous les besoins du transit. Elles permettront d'établir ultérieurement n'importe quel système de chemin de fer.

2° On conserve le système de môles perpendiculaires à la rive à cause du grand développement de quais qu'il procure ; mais d'une part on élargira ces môles, et d'autre part on les fondera sur des supports isolés qui ne puissent pas entraver les courants. Aucun des nouveaux môles n'aura moins de 18^{m},30, sauf dans le cas où l'on ne pourrait en utiliser qu'un côté, par exemple pour le môle contigu à l'un des bassins d'accostage des ferry-boats. Il y aura des môles de 24^{m},40 et d'autres de 30^{m},50. — La Commission a l'intention de faire couvrir d'un simple hangar clos les môles où cela est nécessaire, en ménageant toutes les facilités désirables pour la manipulation des marchandises. — On emploiera la pierre et le fer dans la construction de quelques môles ; mais la grande majorité sera construite en charpente, en charpente soignée.

3° La largeur des bassins à ménager entre les môles sera déterminée d'après leur destination spéciale. — La profondeur d'eau à créer et entretenir au pied du mur du quai sera de 6m,10. Elle sera portée à 7m,65 dans les endroits où, ne construisant pas de môles, on réservera aux grands navires la faculté d'accoster bord à quai.

Il y a actuellement, de la 61e rue (sur l'Hudson) à la 51e rue (sur la Rivière de l'Est), un développement de quais (c'est-à-dire de rive accostable pour les navires) de 46 kilomètres et 22 hectares de superficie totale affectée à l'embarquement ou au débarquement. Mais le manque de profondeur d'eau et d'autres causes encore restreignent considérablement les ressources utilisables. Après le remaniement du port, entre les deux mêmes limites, le développement utile des quais sera porté à 59 kilomètres et la surface à 47 hectares.

La commission a l'intention de faire exécuter d'abord les travaux compris dans l'intervalle de la Grande rue à la 11e rue. Il y aura là un développement de 35 kilomètres, suffisant pour répondre pendant quelque temps aux besoins du commerce et pour permettre d'apprécier la valeur du nouveau système.

§ 3. — PORTS DE REFUGE DE LA DELAWARE.

Port de refuge du cap Henlopen.

Le « brise-lames de la Delaware » est un ouvrage connu de réputation en Europe et quelquefois cité, pour l'importance et la difficulté d'exécution des travaux, à côté des brise-lames de Cherbourg et de Plymouth. Cette assimilation manque d'exactitude. D'après les documents officiels, comme d'après les renseignements que nous tenons et de l'ingénieur qui est chargé de l'entretien (le colonel J.-D. Kurtz) et de celui qui en a fait exécuter les travaux complémentaires (le colonel Seaforth C. Stewart), le brise-lames de la Delaware n'a pas l'importance qu'on lui a attribuée au loin.

La Delaware forme, à son embouchure dans l'Atlantique, une baie allongée dans la direction du nord-ouest au sud-est et qui se termine, en se rétrécissant un peu, à une ligne de 19 kilomètres de longueur joignant le cap May au cap Henlopen. Cette baie est fortement agitée par certains vents d'est, du nord et du

nord-ouest; elle est en outre d'un séjour dangereux pour les navires à cause des glaces qui descendent du nord-ouest par le courant de jusant à l'époque des débâcles. On s'est proposé de créer un port de refuge pour protéger contre ce double danger non-seulement les navires qui remontent la Delaware vers Wilmington et Philadelphie ou en descendent, mais aussi ceux qui naviguent le long de la côte entre Boston et New-York d'un côté, Charleston et la Nouvelle-Orléans de l'autre. On a choisi, pour l'emplacement de ce port, la rade naturelle formée par une concavité de la rive méridionale de la baie, immédiatement après le cap Henlopen. On a couvert cette rade du côté du large par deux digues isolées : l'une formant brise-lames (*Break Water*), opposée au nord-est, ayant un demi-mille de longueur ($780^m,80$) ; l'autre formant brise-glaces (*Ice Breaker*), opposée au nord-nord-ouest, ayant un quart de mille de longueur ($405^m,65$). Le port ainsi formé présente trois ouvertures : la première, de 404 mètres, à l'est, entre le rivage et le brise-lames; la deuxième, de 488 mètres, entre le brise-lames et le brise-glaces; la troisième, à l'ouest, de 1.609 mètres.

Un phare est établi à la pointe du cap Henlopen, et un autre sur le brise-lames, à son extrémité nord-ouest.

Le projet de ce port de refuge, développé dans un rapport qui émanait d'une commission de trois ingénieurs, fut approuvé par le Président des États-Unis en Février 1829. (Le rapport est aux documents-annexes.) Les auteurs de ce travail étayaient leurs conclusions sur divers enseignements empruntés à la construction des digues de Cherbourg et de Plymouth, mais en faisant remarquer la différence des données numériques du problème à résoudre. Cette différence ressort des chiffres suivants :

		CHERBOURG.	PLYMOUTH.	LA DELAWARE.
Marée		7^m	$5^m,50$	2^m
Profondeur en contre-bas	des basses eaux	14	11	9
	des hautes eaux	21	16 ,50	11
Longueur		4^{kil}	1^{kil}	$1^{kil},6$

La hauteur des vagues à l'embouchure de la Delaware n'excède jamais $0^m,70$; la violence en est amortie par plusieurs hauts-fonds isolés qui se trouvent dans le voisinage. On adopta dès le principe l'emploi de petits matériaux pour le corps

de la digue et de gros blocs pour le revêtement extérieur, surtout dans le haut.

Les travaux furent commencés en 1832 par les deux extrémités voisines du brise-lames et du brise-glaces, de telle sorte que, dès le 1er Septembre 1833, les portions de digues élevées constituaient un abri partiel dont la navigation profita. Successivement poursuivis, les travaux se trouvaient en grande partie exécutés en 1839; mais on les suspendit alors. On ne les reprit qu'en 1865 pour le brise-glaces, en 1867 pour le brise-lames, et les deux digues furent considérées comme achevées en 1869.

L'exécution partielle à laquelle on avait procédé de 1832 à 1839 n'avait naturellement pas atteint le double but qu'on avait en vue; en outre, elle avait eu pour effet de provoquer des ensablements inquiétants pour le résultat final. Dès 1834, l'administration prescrivait de nouvelles études et recommandait surtout des sondages comparatifs. Nous devons à l'obligeance du général Humphreys, outre une carte de la baie à l'échelle de $\frac{1}{80.000}$ (assez récemment gravée), un plan à l'échelle de $\frac{1}{2.400}$ et des profils en travers montrant quel était, en 1837, l'état des digues et des ensablements. Nous avons, d'autre part, un rapport dressé le 15 Octobre 1843 par le major Bache et communiqué le 23 Janvier suivant à la Chambre des représentants.

M. Bache commençait par citer quelques faits confirmant l'utilité bien réelle du port de refuge de la Delaware. Ainsi, du 1er Septembre 1833 au 30 Septembre 1843, soit en dix années, le nombre des navires qui étaient venus s'abriter dans le port et la durée des stations qu'ils y firent correspondaient à une moyenne de 6.000 navires abrités pendant un jour de chaque année, ou 16 navires stationnant en permanence. Pendant les quatre années de 1839 à 1843, ce nombre s'était élevé à 22. On voyait souvent de 60 à 70 navires à la fois dans le port, et ce nombre atteignit une fois 108. D'après quelques comptages partiels, les navires abrités appartenaient alors en nombre à peu près égal au trafic spécial de la Delaware et au commerce extérieur.

Les fonds votés par le Congrès pour l'établissement du port de refuge et intégralement dépensés montaient à 9.400.000 francs. La dépense se divisait ainsi qu'il suit :

835.020 tonnes de pierres mises en place, au prix moyen de 9 fr. 54 par tonne.	7.966.357 fr.
Somme à valoir (montant à 17,96 pour 100, ou en moyenne 1 fr. 71 par tonne).	1.433.643

Le brise-lames n'avait pourtant encore que 784 mètres de longueur au lieu de 1.092 mètres, le brise-glaces 425 mètres au lieu de 455 mètres. Le major Bache estimait ainsi qu'il suit les travaux à faire pour compléter simplement le projet dont les bases avaient été arrêtées en 1829 :

15.356 tonnes de pierres en morceaux de 2 tonnes et au-dessus, pour terminer le brise-lames jusqu'à la hauteur de 4^{m},57 au-dessus des basses eaux, à raison de 15 fr. par tonne.. . . .	230,340^{f},00
5.495 tonnes de pierres en morceaux de 2 tonnes et au-dessus, pour terminer le brise-glaces jusqu'à la hauteur de 3^{m},05 au-dessus des basses eaux, à 15 fr. par tonne.	82.425 ,00
15.827 tonnes de pierres en morceaux pesant moins de $\frac{1}{4}$ de tonne, pour remplir les vides aux extrémités du brise-lames en contre-bas des plus basses eaux d'équinoxe, à 8 fr. 75 la tonne.	138.486 ,25
Remise en état du matériel, déplacement du phare du brise-lames, etc.	121.875 ,00
TOTAL.	573.126^{f},25
Somme à valoir : 17 $\frac{1}{2}$ pour 100.	100.297 ,10
TOTAL GÉNÉRAL.	673.423^{f},35

Mais on avait prudemment arrêté les travaux dès qu'on avait vu des ensablements se produire. Pouvait-on se borner à les reprendre en complétant simplement l'exécution du projet primitif? Le major Bache exprimait une opinion contraire. Il fallait, suivant lui, modifier ce projet, ce qui pouvait se faire de trois façons : 1° en rétrécissant la passe du milieu par un prolongement du brise-glaces; 2° en fermant cette passe par un prolongement du brise-lames; 3° en la couvrant par un ouvrage détaché. L'ingénieur discutait les avantages et les inconvénients de chacune des trois solutions et donnait le détail estimatif de la dépense.

Sans entrer dans ces détails, que nous nous bornons à indiquer, nous dirons qu'en reprenant les travaux dans ces dernières années, on s'est tenu à peu près au projet de 1829 : on a réduit la passe de l'Est de 710 mètres à 400 (le projet

prévoyait 455); on a élargi la passe du milieu, loin de la réduire, de 414 mètres à 488 mètres (le projet prévoyait 318 mètres); on a maintenu, à peu près telle qu'elle était, la longueur du brise-lames (le projet prévoyait 1.092 mètres); on a enfin réduit la longueur du brise-glaces de 425 à 406 mètres (le projet prévoyait 455 mètres). Quant à l'idée d'un ouvrage isolé en avant de la passe du milieu, on n'y a pas donné suite.

Le brise-lames s'élève à environ 2 mètres au-dessus de la haute mer et à 4 mètres au-dessus de la basse mer. La largeur au couronnement est de 7 mètres à peu près. Le talus intérieur est incliné à 45°. Le talus extérieur est aussi à $\frac{1}{1}$ sur 3 mètres environ de hauteur, puis il s'affaisse à $\frac{7}{1}$ sur 1^{m},50 à 2 mètres de hauteur; il se redresse ensuite à $\frac{3}{1}$ sur 5 à 6 mètres, puis à $\frac{3}{2}$. La hauteur totale est de 13 à 14 mètres. On a employé pour le revêtement des blocs pesant jusqu'à 6 et 8 tonnes.

La dépense faite pour remanier et compléter les deux digues a été, croyons-nous, de 1.100.000 francs environ. On estimait à 112.500 francs la dépense d'entretien à faire durant une période de quinze années.

En multipliant (comme nous l'avons déjà indiqué ci-dessus) le nombre des navires qui sont venus chercher un refuge dans le port par le nombre des jours qu'ils y ont respectivement passés durant 27 années comprises entre le 1er Septembre 1833 et le 30 Juin 1869, on obtient un total de 207.267, ce qui correspond à un stationnement permanent de 21 navires.

Autres ports de refuge.

Les navires à voiles remontent la Delaware avec la marée et s'arrêtent pendant la période du jusant. Or ce stationnement est dangereux au moment où le fleuve charrie des glaces que le courant précipite alors vers la mer. Pour protéger les navires, on a créé depuis quelques années contre la rive droite plusieurs stations de refuge abritées par des piles ou massifs isolés en maçonnerie. Ces piles sont disposées suivant deux lignes transversales en forme d'épis; les piles sont espacées de 30 mètres environ et chevauchent d'une ligne à l'autre : elles suffisent pour rompre la vitesse des glaçons sans altérer le régime des courants d'eau et de sable qui viennent de la mer et y retournent. Un de ces ports de stationnement se terminait au mois de Juillet 1870 à quelque distance en aval de Wilmington.

§ 4. — PORT DE SAN FRANCISCO.

La baie.

La baie de San Francisco est comme un vaste lac semé de quelques îlots et entouré de monticules dont la hauteur varie de 100 à 400 mètres. Il n'y a que les vents de N.-N.-E. qui, la prenant dans le sens de sa longueur, troublent un peu le calme dont les navires y jouissent.

Cette baie communique, comme nous l'avons déjà dit, avec le Grand Océan par un goulet ouvert à travers une langue de terre de 10 kilomètres d'épaisseur. Le goulet a la forme d'un double entonnoir; la partie rétrécie, qui se trouve à peu près au milieu, a 1.600 mètres de largeur du sud au nord; cette largeur est double dans l'alignement du littoral. La grande profondeur d'eau de la baie se maintient naturellement dans le goulet. Mais à 5 kilomètres en mer se trouve une barre demi-circulaire qui semble fermer tout accès. Cette barre, sur laquelle le mouillage varie de 5 à 10 brasses (de $9^{m},15$ à $18^{m},30$), a 6 kilomètres de largeur. Elle est formée de sables blancs ou noirs auxquels vient se mêler, du côté du goulet, le sable rouge de la baie. Elle n'est jamais un obstacle sérieux pour les navires qui prennent soin de se diriger suivant l'alignement marqué par le phare de Fort-Point et par celui de l'île d'Alcatraz.

Les marées.

Le phénomène des marées présente, sur la côte occidentale des États-Unis, des caractères particuliers. Les deux marées de chaque jour sont inégales en hauteur et en durée. Entre les plus basses et les plus hautes eaux de chaque jour il y a deux niveaux intermédiaires (et peu écartés) d'eaux basses et hautes : partant du niveau des plus basses eaux, la mer monte à une certaine hauteur, puis redescend et reprend comme par un nouvel élan son mouvement ascensionnel, après quoi elle redescend d'un seul coup au point le plus bas. Le dimanche 4 Septembre par exemple, à $1^{h},20$ du matin, la mer était à San Francisco à $0^{m},01$ au-dessus du plan de comparaison, c'est-à-dire du niveau moyen des plus basses eaux : elle monta de $1^{m},10$ en $7^{h}31^{min}$, puis descendit de $0^{m},18$ en $4^{h}12^{min}$, pour remonter ensuite de $0^{m},67$ en $5^{h}54^{min}$ et redescendre en $7^{h}30^{min}$ de $1^{m},71$; elle se trouvait alors à $0^{m},03$ en contre-bas du plan de comparaison ; la période entière avait duré $25^{h}7^{min}$.

Nous rapportons une table indiquant les heures et les hauteurs probables des marées journalières de l'année 1870 aux quatre stations suivantes :

San Francisco ;

San Diego, à l'extrémité sud de la Californie, point d'aboutissement projeté du plus méridional des chemins de fer du Pacifique ;

Astoria, à l'embouchure de la rivière Columbia, limite des territoires de l'Orégon et de Washington ;

Port-Townshend, à l'entrée de la baie de Puget (Puget-Sound), à la limite des possessions anglaises, point où doit aboutir le chemin de fer du Pacifique du Nord.

On voit par cette table qu'à San Francisco en 1870 les cotes extrêmes des plus hautes et des plus basses eaux ont dû être celles-ci :

Les plus basses eaux entre $-0^{m},33$ et $+0^{m},58$;

Les plus hautes entre $+1^{m},66$ et $+1^{m},83$.

La différence entre les niveaux extrêmes est conséquemment de $2^{m},16$. On compte ordinairement sur une variation de $1^{m},80$ (à peu près comme à New-York).

La ville.

La ville de San Francisco s'est bâtie principalement et s'étend chaque jour sur un sol formé de mamelons sablonneux. Pour créer des quais, on a remblayé et rectifié la rive aux dépens de la baie. La rue de Montgomery, qui est la principale, est en grande partie située sur un emplacement où, il y a vingt ans, l'eau venait battre le pied du rocher sur une grande profondeur. Le tremblement de terre du mois de décembre 1868 s'est surtout fait sentir dans cette partie remblayée de la ville ; les maisons bâties au flanc du coteau en ont peu souffert.

La ville présente un mélange de petites maisons de bois qui datent de 1848 et d'édifices en briques ou pierre de taille construits avec un véritable luxe d'architecture. Les maisons de bois, dont l'existence est si précaire à cause des incendies, tendaient à disparaître complétement quand la crainte des tremblements de terre est venue leur rendre une valeur relative. On en rencontre voyageant sur des chariots d'un quartier à un autre, comme à Paris on rencontre des arbres déjà vieux allant prendre place dans des squares improvisés. Un trait distinctif des rues primitives de San Francisco, c'est qu'on les a

tracées sans avoir égard au relief du sol : ces larges et longues avenues en ligne droite présentent, dans le centre même de la ville, des pentes et contre-pentes très-roides que des déblais et remblais de peu de longueur eussent permis d'éviter.

Les quais d'embarquement et de débarquement sont établis, comme à New-York, perpendiculairement à la rive. Mais le plancher est ici supporté par des pieux isolés, sans qu'il y ait même de bordages latéraux. On a voulu n'entraver que le moins possible l'action des courants de marée. On est tellement convaincu du danger qu'il peut y avoir pour la navigation à changer le régime de la baie qu'on a refusé à la Compagnie du chemin de fer du Pacifique l'autorisation de prolonger ce chemin sur estacade jusqu'à l'île de Yerba Buena, où elle eût pu installer plus commodément sa tête de ligne : on a craint que cette estacade ne provoquât l'ensablement de la petite baie de San Pablo, fraction de la grande baie à son extrémité nord. Les quais.

Les premiers quais, construits en cèdre ou en sapin, ont été promptement détruits par les vers. On n'emploie plus aujourd'hui que le Redwood (Bois rouge).

CONCLUSIONS SUR LES PORTS DE MER

La drague à cuiller et celle de Morris et Cumings, dont nous avons parlé dans le chapitre de la Navigation intérieure, paraissent pouvoir également rendre des services spéciaux dans l'amélioration et l'entretien de nos ports. On n'en emploie pas d'autres aux États-Unis : c'est là le point essentiel que nous tenons à signaler.

L'enlèvement des roches sous-marines a donné lieu depuis quelques années, à Boston et à San Francisco, à des travaux qui se poursuivent à New-York. Il peut y avoir quelques faits utiles à retenir, parmi ceux mentionnés dans le présent Rapport, sur la portée restreinte des mines superficielles, sur la pro-

fondeur à donner aux trous de mine et sur la nature de la poudre à employer. Mais nous appelons surtout l'attention sur cette idée originale qui consiste à pénétrer dans la masse d'un rocher à peu près étanche, à l'excaver par les procédés perfectionnés dont on dispose aujourd'hui, et à faire sauter tout d'un coup ce qu'il en reste au moyen de mines disséminées dans toute son étendue et qu'on enflamme simultanément. La cloche ou coupole du général Newton, — qu'on la considère comme la pièce essentielle d'un bâtardeau peu encombrant ou comme un abri qui protége contre les courants les plongeurs et les perforatrices de superficie, — paraît appelée à rendre des services particuliers dans des circonstances analogues à celles où l'on se trouve à Hell-Gate.

Les ports américains, naturellement profonds et abrités contre le vent et la vague, n'ont pas besoin de constructions solides comme les nôtres. Des pieux plus ou moins espacés, en bois grossièrement équarri, sans peinture ni goudron, voilà l'élément essentiel des quais.

La disposition de ces quais, perpendiculaires à la rive, entièrement clos et couverts, accostables sur les deux flancs à la fois, se prêtant aux distinctions basées sur la nature des marchandises et la diversité des engins de manipulation qu'elles réclament, — ce système qui, supposé compatible avec la largeur de l'avant-port, permet de développer beaucoup la longueur de rive utilisable, nous a frappé par son fonctionnement commode. La faute commise à New-York d'avoir fait ces jetées pleines peut être retenue à titre d'enseignement. Quant aux autres améliorations de détail dont les quais de New-York sont susceptibles, elles ressortent suffisamment de l'enquête qui s'est justement ouverte à ce sujet en 1870. Les allégations ou propositions formulées dans cette enquête et les premières conclusions de la Commission indiquent quelles sont actuellement les idées régnantes en cette matière, car les ports américains sont peu différents les uns des autres.

Dans les assertions émises relativement à la conservation des bois et des fers, on aura pu remarquer ces trois points : 1° que la quantité de tarets a sensiblement diminué près des quais de New-York et de Brooklyn depuis que les eaux douces distribuées en grande abondance à ces deux villes sont évacuées dans le port ; — 2° que la fonte blanche se conserve mieux que la fonte grise dans l'eau

salée ; — 3° que l'immersion préalable dans l'huile de lin bouillante peut constituer pour les fils télégraphiques une protection suffisante et beaucoup moins dispendieuse que la galvanisation.

Sur le brise-lames de la Delaware nous avons donné des détails dont l'intérêt serait purement historique s'ils ne concouraient à faire connaître le mode d'administration des travaux publics aux États-Unis. Au point de vue technique, ces travaux n'ont pas offert de difficultés comparables à celles des brise-lames de Cherbourg et de Plymouth.

Tout le monde en Amérique s'accorde à prédire au port de San Francisco un développement en quelque sorte illimité. Les indications topographiques données à ce sujet, les cartes gravées de la baie (que nous devons au Ministère de la guerre), le plan de la ville et les vues à vol d'oiseau du pays environnant pourront présenter quelque intérêt. Au point de vue scientifique, on remarquera le phénomène spécial des marées.

La construction des navires paraît être actuellement une industrie morte aux États-Unis. Nous n'avons pas aperçu un seul navire en chantier.

CHAPITRE V

TRAVAUX MUNICIPAUX

Avec une population égale à celle de la France et une étendue quinze fois plus considérable, les États-Unis possèdent 25 villes dont la population dépasse 50.000 âmes et 50 environ dont la population dépasse 25.000 âmes (celle qui occupe le 50e rang a 26.766 habitants). Si l'on ajoute qu'il y a 14 villes de plus de 100.000 âmes, ces données feront suffisamment concevoir que les travaux publics qui intéressent spécialement les municipalités doivent avoir en Amérique une grande importance.

Nous avons visité les six villes principales et six autres de celles qui ont plus de 100.000 âmes ; mais nous ne nous étendrons ici que sur les travaux de New-York, de Washington, de Philadelphie et de Chicago : nous élaguons tout ce qui, dans le cercle des renseignements recueillis, nous a paru n'offrir qu'un intérêt secondaire ou purement local. Nous adoptons, pour l'exposé qui va suivre, la grande division du service municipal de Paris : la voie publique et le service des eaux.

1re SECTION. — VOIE PUBLIQUE.

I. — DES RUES.

Disposition générale

On sait que presque toutes les villes américaines, petites ou grandes, ont été bâties sur un plan d'ensemble préalablement arrêté. Les rues sont très-larges et se coupent à angle droit ; dans presque toutes les villes que nous avons vues, elles sont à peu près dirigées du sud au nord ou de l'est à l'ouest.

Mode de désignation.

Cette régularité géométrique n'existe pas dans la partie ancienne de la cité de New-York ; mais dès qu'on s'éloigne du bas de la ville (*Down Town*), où le commerce est concentré, dès qu'on arrive aux quartiers principalement occupés par des maisons d'habitation, l'ordonnance moderne apparaît : les rues se dirigent parallèlement à l'Hudson, en formant des *avenues* numérotées de 1 à 12, tandis que des *rues* transversales et à peu près équidistantes (l'intervalle est de 70 mètres environ) se succèdent sous les numéros compris entre 1 et 155. Il n'y a pas d'autres désignations pour les avenues ; mais la plupart des rues présentent deux séries de numéros qui commencent à un axe central formé par *Broadway*, puis par la Cinquième avenue ; on ajoute par suite au numéro de la rue l'indication *Est* ou *Ouest*. Une adresse prend ainsi, dans le *Directory*, la forme très-sommaire que voici : Dr F. Lieber, 34, E. 48th St. — Broadway, qui part de l'extrémité Sud et se prolonge jusqu'à l'Hudson en coupant obliquement les avenues de 5 à 12, est une artère exceptionnelle, qui a été de tout temps la plus fréquentée et la plus commerçante de New-York. Elle a environ 26 mètres de largeur, y compris deux trottoirs de 5 mètres chacun.

A Philadelphie, on n'emploie pas la dénomination d'avenues ; mais les rues dirigées vers le nord n'en sont pas moins désignées par des numéros. Les autres portent des noms et très-souvent des noms d'arbres ou de fruits. Le *Continental Hotel*, par exemple, est situé à l'angle de la Neuvième rue et de Chesnut-

Street (la rue de la Châtaigne). Ici comme à New-York, les pâtés ou *blocks* de maisons sont subdivisés généralement en parcelles de 25 pieds sur 100 ($7^m,62$ sur $30^m,50$) qui correspondent à autant de maisons d'habitation. Dans les rues du système Est-Ouest ou ayant des noms, les numéros des maisons forment des séries interrompues à la rencontre de chacune des rues numérotées, laissant en lacune tous les nombres qui restaient à placer pour atteindre la centaine supérieure. *Spruce-Street*, par exemple, est une rue très-longue où la recherche d'un numéro donné pourrait être laborieuse; mais, le n° 1319 étant compris entre la 13e et la 14e rue, le plan de la ville nous indiquait l'emplacement précis de la maison.

La cité fondée par W. Penn en 1682, dans l'isthme généralement plat qui sépare la Delaware du Schuylkill, couvre une superficie à peu près équivalente à celle de Londres. *Broad-Street* est une artère centrale qui, sur 18 kilomètres de longueur, n'a pas moins de $36^m,60$ de largeur, y compris une chaussée de $24^m,40$. Cependant Philadelphie a beaucoup de rues relativement étroites. Largeur.

L'avenue de Pennsylvanie, qui traverse Washington dans toute sa longueur, a $48^m,80$ de largeur. Elle forme, avec trois autres avenues, une étoile à huit rayons dont le Capitole est le centre, et chacun de ces rayons traverse plusieurs places qui sont comme autant d'étoiles secondaires. Mais la ville entière n'en est pas moins découpée par des rues exactement dirigées vers les quatre points cardinaux : les rues du nord au sud sont numérotées à partir du Capitole, et l'on ajoute l'indication d'*Est* ou *Ouest;* les rues de l'est à l'ouest sont désignées par les lettres de l'alphabet, et l'on ajoute l'indication de *Sud* ou *Nord* (toujours par rapport au Capitole). — Washington compte en tout 1.170 ilôts ou blocs de maisons.

Les rues de Chicago, surtout si on les prend dans leur ensemble, sont plus larges que celles des anciennes villes de l'Est. La petite ville d'Omaha a des visées plus ambitieuses encore. Mais la ville où nous avons vu les plus vastes rues est celle du Lac-Salé : ces rues plantées d'acacias peuvent avoir communément de 40 à 50 mètres.

Quand on arrive en Californie on retrouve des largeurs plus restreintes,

mieux en rapport avec les besoins réels de la circulation. San Francisco est (au moins dans le quartier des affaires) la ville la plus européenne, la plus française, que nous ayons vue en Amérique.

Tableaux indicateurs.

Les noms des rues, à New-York, ne sont pas inscrits sur les maisons qui en forment les angles; ils ne le sont que sur le verre d'une lanterne à gaz, du moins quand il y en a là une; et même alors l'inscription fait souvent défaut. Le nom d'ailleurs est en caractères nécessairement très-petits. Plus d'une fois, dans un croisement pourvu de ses quatre lanternes, après avoir été de l'une à l'autre sous un soleil brûlant (alors que l'on comptait de 18 à 20 cas d'insolation par semaine dans la seule ville de New-York), il nous est arrivé de ne trouver qu'au quatrième candélabre le nom dont nous avions besoin[1]. L'avantage, médiocre en fait, d'avoir des indications visibles le soir ne nous paraît pas compenser du tout ce qu'il y a d'incomplet et d'insuffisant dans le système adopté pour ces indications.

A Philadelphie, le nom des rues, au lieu d'être peint sur un des verres de la pyramide inférieure des lanternes, est formé de lettres métalliques découpées qu'on fixe en l'air un peu plus haut, de façon qu'elles se projettent sur une des faces vitrées de la pyramide supérieure. Ce mode d'indication nous a paru préférable à celui de New-York; mais le système adopté à Paris vaut bien mieux encore.

Les numéros des maisons manquent souvent dans les villes américaines. Ils sont dissemblables et généralement peu visibles à raison de la place qu'ils occupent, de la petitesse ou de la couleur des chiffres.

On trouvera aux documents-annexes les plans de toutes les grandes villes que nous avons visitées. On remarquera ceux qui ont été dressés pour le service municipal de Chicago; des cartes réduites y ont été jointes pour indiquer les environs de la cité, puis le pays qui l'entoure à cent lieues à la ronde, et enfin le globe entier.

La vue lithographique de la Ville du Lac-Salé donne une idée assez exacte de

[1] C'est le 20 Juillet que M. Prévost-Paradol s'est suicidé à Washington. A peine débarqué, il avait couru pendant trois jours pour faire ses visites, à pied, sans prendre aucune précaution, dans ces larges rues qui étaient alors des fournaises.

cette localité peu connue. Le gigantesque édifice ellipsoïdal, sans ouvertures apparentes et sans aucune saillie, que les Mormons appellent le Tabernacle, et où il y a des siéges pour douze à treize mille personnes, produit en réalité un effet plus étrange encore que ne l'indique l'image que nous avons rapportée; mais la forme de la voûte est très-favorable à la transmission du son.

II. — CHAUSSÉES, TROTTOIRS, MAISONS.

CHAUSSÉES DE NEW-YORK.

Nous avons vu à New-York des chaussées en pavés, en galets, en empierrement, en asphalte, en béton et en bois. Pavages en pierre taillée.

Broadway a une assez bonne chaussée en pavés granitiques. Nous l'avons vu renouveler partiellement avec des morceaux de $0^m,25$ de longueur sur 10 de largeur et 20 de hauteur; on les posait sur une couche de béton maigre, en laissant des joints de $0^m,02$ au moins. Cette chaussée est, dit-on, nettoyée la nuit par des balayeuses mécaniques traînées par deux chevaux. Cependant, un jour de Septembre qu'il avait plu par hasard, elle s'est trouvée couverte d'une boue épaisse.

La surface qu'on a pavée en pierre à New-York en 1870 a été d'un peu plus de 400.000 mètres carrés. Les pavés granitiques y entraient pour moitié environ. On trouve le granite plus beau, plus durable que le trap, qu'on emploie ordinairement, et surtout moins sujet à devenir glissant par le polissage de la surface.

La plus grande partie de la ville est pavée simplement en gros galets roulés, avec des bosses et des flaches qui rendent fort désagréable la circulation en voiture; le seul aspect de ces chaussées serait intolérable à Paris. Il faut dire que les voitures suspendues sont en petit nombre et qu'elles circulent librement sur les rails plats dont les voies principales sont pourvues. Pour que les chaussées informes qui recouvrent l'intervalle de ces rails, l'entre-voie et les accotements soient tolérées dans un pays tel que celui-là, il faut qu'elles ne compromettent pas gravement des intérêts sérieux; et peut-être qu'à tout prendre, on y trouverait une leçon d'économie bien entendue. Cependant il est bien avéré que les Galets.

Compagnies ne remplissent qu'imparfaitement l'engagement qu'elles ont pris, en obtenant la concession des rails, d'entretenir la chaussée entière[1].

Empierrement.

Nous n'avons rien à dire des chaussées empierrées, qu'on ne trouve guère qu'en dehors de la ville, et dont la poussière ou la boue se concilie mal avec les voies de fer.

Asphalte.

L'asphalte, fabriqué avec du goudron de gaz, était pâteux et boursouflé dans les quelques endroits où nous en avons vu.

Béton.

M. Seeley vient d'essayer un nouveau pavage en béton. On en a établi en 1870 environ 4.000 mètres carrés.

Pavages de bois.

Finalement nous n'avons vu d'un peu intéressant, en fait de chaussées, que des pavages en bois de sapin.

Il ne peut être ici question de rues plancheyées (*Plank Roads*). Indépendamment des cloaques, souvent infects, qui se forment sous les madriers, l'éloignement des forêts suffirait pour que ce genre de chaussée primitive, qui a son mérite ailleurs, ne fût plus de mise dans une ville telle que New-York. Les pavages de bois ne s'y font qu'en blocs prismatiques.

Ces pavages, très-répandus dans la plupart des grandes villes américaines, et qui conviennent surtout aux rues peu fatiguées par les camions, sont en ce moment l'objet d'une attention nouvelle. On les apprécie principalement, dans le quartier des affaires comme dans celui des maisons d'habitation, au point de vue de la suppression du bruit et de la facilité d'entretien. Reste la question de dépense. On expérimente plusieurs procédés nouveaux, sans que les ingénieurs puissent dire encore auquel on donnera la préférence; mais tous ces procédés coûtent cher : 15 à 20 francs par mètre carré à Chicago et près du double à New-York.

Dans les nouveaux essais, les pavés en blocs ont en général 1 pied sur 6 pouces et 3 pouces ($0^m,30$ sur $0^m,15$ et $0^m,075$). On les pose par files parallèles et trans-

[1] On nous signalait à cette occasion, comme n'étant pas toujours suffisamment ferme, le contrôle exercé dans l'intérêt des villes sur les Compagnies concessionnaires. Si justement fiers de leur pays et d'eux-mêmes, les Américains ne se méprennent pourtant pas sur les points faibles de leur organisation sociale. Dans la sphère des travaux publics, ils admirent la facilité avec laquelle on constitue chez nous des services de surveillance ou d'exécution parfaitement honnêtes. Ils ne s'expliquent pas tous aisément cette incorrigible persistance à faire, au détriment même de l'intérêt personnel, ce que l'on croit être son devoir. Je leur répondais que l'uniforme de l'École Polytechnique est pour nous comme la Tunique du Centaure.

versales, tantôt jointives, tantôt séparées par une rainure d'un pouce; mais les blocs sont toujours jointifs dans une même file, et la direction des fibres est perpendiculaire à l'axe de la rue. L'ouvrier poseur est muni d'une hache avec laquelle il réduit à la longueur nécessaire le dernier bloc de chaque file. Les blocs reposent tantôt sur un plancher d'un pouce d'épaisseur, dont les planches sont parallèles à l'axe de la rue, tantôt sur une forme de sable. Nous avons vu appliquer sur ces bases communes trois systèmes principaux.

Dans le premier, on commence par établir une forme en planches présentant la convexité requise. Quand une file de blocs est terminée, on pose tout contre et sur le plancher une tringle de sapin méplate, qui a 1 mètre environ de longueur, 1 pouce d'épaisseur et une hauteur égale à près de moitié de celle des blocs. Pour qu'elle puisse s'adapter à la convexité de la forme, elle porte en haut des traits de scie sur moitié environ de sa hauteur. On la fixe avec trois ou quatre pointes enfoncées obliquement, de telle sorte qu'après avoir traversé la tringle, et souvent l'angle du bloc contigu, elles pénètrent dans le plancher. 1er système.

Ces tringles, intercalées ainsi entre les files de blocs, créent des rainures qu'on remplit de fin gravier préalablement chauffé, après quoi on verse avec un arrosoir du goudron qui s'étend sur le pavage entier et achève de remplir les rainures en agglutinant le gravier. On protége le pavage pendant quelques jours en le saupoudrant de gravier.

Des caisses en tôle, accompagnées d'un foyer et montées chacune sur un chariot à quatre larges roues, servent à chauffer le goudron et le gravier.

Le second système est celui des files jointives sur formes en planches. 2e système.

On pose les blocs de chaque file aussi jointivement que possible, et on les rend solidaires deux à deux en insérant dans le joint et à mi-hauteur une petite cheville carrée. Ce travail, qui peut paraître assujettissant *a priori*, s'exécutait à New-York avec une prestesse qui nous a plus d'une fois émerveillé : l'ouvrier poseur saisissait successivement les blocs de la main gauche, les trempait en presque totalité dans le goudron et les mettait en place, tandis que, de la main droite, il prenait les chevilles et les logeait dans l'encoche ménagée au joint. De temps en temps il donnait latéralement un coup de maillet pour serrer les blocs. Sans paraître se presser, ne faisant jamais un faux mouvement, il avançait avec

une rapidité surprenante. — Pour créer les arrêts nécessaires au pied des chevaux, on avait percé dans chaque bloc, sur moitié environ de sa hauteur, trois trous de $0^m,03$ de diamètre. On y versait du gravier après la pose des blocs, et on arrosait largement le tout avec du goudron.

Dans quelques rues, voulant avoir un caniveau à deux versants contre la bordure du trottoir, on avait adopté une forme spéciale pour le bloc extrême. On se dispensait ainsi de modifier la forme en planches.

3e système. Dans le troisième système, il n'y a plus de forme en planches, mais une forme de sable fin, légèrement damé, faite avec beaucoup de soin et protégée provisoirement par des planches pour qu'on ne la dégrade pas en passant dessus pendant l'exécution du travail. On pose alternativement des files de blocs et des planches de même hauteur, de 1 pouce d'épaisseur, taillées en biseau à leur bord inférieur. La pose faite, et à 2 mètres en arrière du poseur, vient un ouvrier qui, maniant une lame horizontale de fer à l'aide d'un manche articulé, amène successivement cette lame sur chacune des planches intermédiaires; un autre ouvrier frappe avec une hie sur le dos de la lame et enfonce graduellement la planche dans le sable. Cette lame a environ $0^m,60$ de longueur et $0^m,08$ de hauteur; c'est de cette hauteur-là que la planche descend; elle fixe ainsi le pavage au sol et laisse au-dessus d'elle une rainure qu'on garnira comme il a été dit ci-dessus. Un second instrument à manche sert à rectifier les déformations du pavage.

Le personnel d'un atelier se composait ainsi qu'il suit :

2 poseurs ayant chacun 2 aides pour amener les pavés à pied d'œuvre	6
3 couples d'enfonceurs	6
1 régleur avec son aide	2
2 enfants répandant le gravier dans les rainures	2
1 homme maniant l'arrosoir de goudron	1
2 chauffeurs, l'un pour le fourneau à sable et l'autre pour le fourneau à goudron	2
Total	19

non compris les voituriers qui amenaient les pavés et le sable.

La pose est très-expéditive dans le second et le troisième système, parce qu'il n'y a pas à faire usage de clous. Le dernier présente un avantage spécial au point de vue des remaniements qu'exigent la pose, l'entretien et les réparations des conduites d'eau ou de gaz.

Les pavages de bois exécutés à New-York en 1870 se sont répartis ainsi qu'il suit entre les différents systèmes :

Système Stafford..	56.000	mètres carrés.
— Nicolson.	50.000	—
— Hamar.	16.000	—
— Stow foundation..	11.000	—
— Mac Gonegal.	7.000	—
— Robbins..	2.000	—
Ensemble.	142.000	mètres carrés.

Au croisement des rues, il y a généralement deux lignes de dalles pour faciliter aux piétons le passage d'un trottoir à l'autre. On en a construit à neuf en 1870 sur une surface de 90.000 mètres carrés.

Du reste, les travaux de pavage exécutés cette année sont signalés comme ayant eu une importance inusitée.

TROTTOIRS.

Dans la plupart des rues de New-York, bordées soit de magasins, soit de maisons d'habitation, les trottoirs recouvrent des caves ou celliers qui font partie de la propriété riveraine et s'étendent jusqu'à un mur sur lequel repose la bordure du trottoir. Des ouvertures, fermées par des glaces épaisses, laissent pénétrer un peu de lumière; l'une d'elles, de $0^m,30$ environ de diamètre, fermée par un tampon mobile, sert à l'introduction du charbon. Ces celliers sont couverts tantôt de voûtes en briques, tantôt de longues dalles perpendiculaires à l'axe de la rue; dans Broadway, ces dalles en granite ont de $2^m,50$ à 3 mètres de longueur.

L'espace compris entre la chaussée et la façade des maisons riveraines est de

5 mètres environ; mais la zone réellement affectée à la circulation n'est qu'un peu plus de moitié dans les rues bordées de magasins comme Broadway et un peu moins dans les autres. Le surplus est occupé, soit par de grands vitrages en saillie de 0^{m},15, soit par des sauts-de-loup dans lesquels on descend pour accéder au soubassement de la maison ou qu'on franchit par-dessus pour arriver à ce que l'on appelle le 1er étage. (Voir dans l'Atlas les deux coupes transversales.)

Maisons.

Toutes les maisons ont ainsi un soubassement. Dans les quartiers commerçants, il est consacré à la réception des marchandises; nous dirons, dans un article spécial consacré aux opérations de chargement et de déchargement, comment s'opèrent l'introduction des ballots ou sacs et leur distribution aux divers étages des maisons de commerce. Dans les maisons d'habitation, le soubassement est souvent consacré à la salle à manger et à la cuisine.

Nous avons déjà dit que ces maisons couvrent généralement un espace de 25 pieds sur 100 (7^{m},62 sur 30^{m},50). La moitié environ est occupée en arrière par un jardin. Un croquis reproduit dans l'Atlas indique la distribution habituelle des deux premiers étages. Les deux salons du premier étage n'en font réellement qu'un seul, reliés comme ils le sont par une grande baie que ferment des portes à coulisses. Le troisième étage présente une distribution analogue. Cette division de la maison en quatre parties superposées, bien indépendantes, mais mal reliées, indique des habitudes assez différentes des nôtres, et contraste surtout avec la disposition des logements de Paris. Dans un pays où l'on n'a pas de nombreux domestiques comme en Angleterre, l'incommodité de ces escaliers à monter et à descendre se fait plus vivement sentir.

Dans certains quartiers de New-York, on a été jusqu'à construire trois maisons avec deux lots réunis, ce qui réduit la largeur de la façade et de la maison à 5^{m},08. On trouve pourtant encore le moyen d'avoir ainsi, comme domiciles purement privés, des habitations agréables.

Nous devons ajouter, en ce qui concerne les trottoirs, qu'ils seraient loin de répondre aux exigences des habitudes parisiennes. Dans Broadway même, le dallage est hérissé d'inégalités et de saillies. A Montréal, presque toutes les rues sont pavées en bois et les trottoirs sont généralement plancheyés en sapin. Les

larges trottoirs de Chicago sont des plates-formes en sapin élevées souvent de 0m,50 ou plus au-dessus des chaussées; mais le niveau de celles-ci doit être un jour exhaussé par des remblais.

III. — CHEMINS DE FER DES VILLES.

A. — CHEMINS DE FER A TRACTION DE CHEVAUX.

Succès de ces chemins aux États-Unis.

Les chemins de fer à traction de chevaux ou *tramways*, connus en France sous le nom de *chemins de fer américains*, ont atteint aux États-Unis un développement considérable : on l'estime à 6 ou 7.000 kilomètres. Ce n'est pas que le système y ait été admis sans préventions et sans obstacles : les conducteurs des voitures ordinaires, les anciennes compagnies d'omnibus, les propriétaires riverains ont, de concert, lutté contre la pose des rails dans les rues des villes populeuses. Mais ces résistances sont tombées, et Philadelphie, la ville peut-être où elles ont été le plus vives, est celle qui est aujourd'hui le plus complétement pourvue d'omnibus sur rails.

Leurs avantages.

L'avantage fondamental du système, c'est la réduction considérable de l'effort du tirage. Deux chevaux de force médiocre peuvent traîner des caisses non-seulement plus longues, mais aussi plus larges et plus hautes, conséquemment plus confortables que celle des omnibus ordinaires. On peut d'ailleurs employer des roues d'un moindre diamètre et, par suite, rendre l'accès plus facile par les deux marches qui servent à monter ou à descendre aux deux extrémités. Réduction des frais, abaissement des prix, agrandissement de la clientèle, qui peut embrasser tous les degrés de l'échelle sociale : voilà de grands éléments de succès.

Les rails sont quelquefois une gêne pour les voitures ordinaires, qui ne peuvent les traverser sans une petite secousse, et dont les roues, quand elles viennent à s'engager des deux côtés à la fois dans certains rails creux, ne s'en dégagent pas toujours facilement. Mais c'est là un inconvénient accidentel et qu'on a atténué en substituant aux rails à gorge des rails formés seulement d'une nervure

saillante et d'une partie plate. D'ailleurs cet inconvénient est plus que compensé par l'avantage que trouvent les voitures ordinaires à circuler elles-mêmes sur les rails dans certaines limites de concordance de largeur : les cochers ménagent ainsi leurs chevaux et les ressorts de suspension des voitures, en même temps que le bruit et la trépidation diminuent à l'avantage des voyageurs, des piétons et des propriétaires riverains. Les voitures ordinaires sont simplement tenues de se garer, sur l'avertissement qui leur en est donné, pour laisser passer les wagons ou *cars*.

Les rails réduisent de beaucoup les frais d'entretien des chaussées ; ils constituent donc un allégement pour le budget des villes.

Quant au public en général, il apprécie surtout en Amérique les chemins de fer à traction de chevaux lorsqu'ils relient le centre des grandes villes, le quartier du commerce et des affaires, avec les zones excentriques où les maisons d'habitation peuvent s'établir plus à l'aise. Ce service spécial semblerait devoir également réussir chez nous. Les efforts faits depuis quinze ans à Paris pour faire refluer la population du centre vers les extrémités n'eussent-ils pas été plus heureux, si les grandes voies nouvelles avaient été desservies par des véhicules plus économiques et en même temps plus commodes que ceux qui existent aujourd'hui?

Voie. Aux États-Unis, la plupart des villes sont bâties sur terrain plat et les rues n'ont en général qu'une pente insensible à l'œil, circonstance très-favorable à l'usage des rails.

Les rails reposent sur des longrines de pin jaune supportées par des traverses de chêne blanc, de châtaignier, de pin jaune ou blanc. Ces traverses doivent s'étendre à $0^m,30$ au moins de chaque côté de la voie. Leur écartement varie de 1^m à $1^m,80$; il se réduit à $0^m,60$ quand on supprime les longrines. Les traverses ont en général $0^m,15$ de largeur et $0^m,13$ d'épaisseur, les longrines $0^m,13$ de largeur et $0^m,18$ de hauteur. Des équerres en fonte, placées extérieurement aux longrines, les empêchent de s'écarter. Les traverses sont posées sur du ballast de pierres cassées ou de gravier. Le drainage de la voie est essentiel.

Le rail plat de $0^m,12$ avec nervure saillante du côté extérieur, tel qu'on l'emploie à Philadelphie, pèse 22 kilogrammes par mètre courant. Deux petits talons inférieurs se logent dans des feuillures de la longrine, à laquelle le rail est

d'ailleurs fixé par des tirefonds. La largeur de la voie, c'est-à-dire l'intervalle compris entre les rebords des rails, a été portée par une ordonnance municipale à 1^{m},59, ce qui laisse de la marge pour la circulation des voitures ordinaires. — On peut atteindre le même but avec des rails à rebords intérieurs.

Dans les courbes de 10 à 20 mètres de rayon qui se présentent au tournant des rues, on remplace les rails en fer par des pièces spéciales en fonte. Le rail intérieur est à gorge avec une forte nervure du côté de la voie pour empêcher la roue de s'échapper suivant la tangente; le rail extérieur est tout plat. On franchit ces passages au pas, et les déraillements, qui ne laissent pas de se produire, sont sans inconvénient sérieux.

Matériel roulant.

Les voitures désignées sous le nom spécial de *street cars* (wagons des rues) ont de 5 à 8 mètres de longueur, y compris les deux paliers extérieurs qui se trouvent symétriquement aux extrémités, protégés par des auvents. La largeur intérieure est de 2 mètres environ, de sorte qu'entre les deux rangées de personnes assises, il reste un passage libre de 0^{m},60 environ. Le toit présente, comme celui des wagons ordinaires, un surhaussement central qui permet qu'on s'y tienne sans difficulté debout avec un chapeau; cela fournit en même temps le moyen d'aérer sans établir de courants d'air gênants. Il n'y a pas d'impériale. Les deux portes sont à coulisses. Le plancher, placé immédiatement au-dessus des essieux, n'est guère qu'à 0^{m},40 au-dessus du sol, d'où résulte une grande stabilité du véhicule. Les roues sont en fonte; elles ont de 0^{m},60 à 0^{m},75 de diamètre; elles montent sous les banquettes et se trouvent en partie masquées. La caisse s'étend en dehors par un encorbellement; elle repose sur les boîtes à graisse par l'intermédiaire de huit ressorts en caoutchouc vulcanisé de 10 à 12 centimètres de diamètre sur 15 de hauteur. Les plaques de garde sont en fonte.

Chacun des paliers extérieurs présente un crochet pour l'attelage et la manivelle d'un frein.

Les voitures peuvent contenir, suivant leurs dimensions, de 18 à 28 personnes commodément assises. Mais il n'y a pas d'appuis séparatifs, et, en cas de besoin, on se serre davantage. On peut d'ailleurs, comme nous l'avons dit, se tenir debout dans le couloir; des poignées de cuir pendantes, fixées à une barre longitudinale, permettent de rester aisément en équilibre malgré les change-

ments d'allure du car; deux personnes peuvent se tenir ainsi de front. On peut également rester debout sur les paliers extérieurs. Plus d'une fois, nous avons vu ainsi de 40 à 45 personnes sur une même voiture.

Les voitures, peintes en jaune clair, sont traînées par deux chevaux ou par un seul, suivant leurs dimensions, et ces chevaux sont généralement de petite taille et de médiocre valeur. L'un d'eux porte une clochette au cou. Il n'y a ni flèche ni brancard, les chevaux n'ayant jamais à retenir la voiture : c'est au moyen du frein que le cocher la retient ou l'arrête. On y trouve le double avantage de ménager les chevaux et d'arrêter d'une façon plus rapide et plus sûre. Debout sur le palier d'avant et tenant les rênes de la main gauche, le cocher a la main droite toujours posée sur la manivelle du frein.

Les deux barres sur lesquelles les deux chevaux tirent respectivement sont fixées chacune par un bout de chaîne à l'extrémité d'une barre centrale qui s'accroche à la voiture. Le changement de chevaux s'opère sans que la voiture ait à s'arrêter complétement : le cocher décroche, et un homme aposté fait tourner les chevaux sur l'un des côtés de la voie; la voiture continue doucement, en vertu de sa vitesse acquise, jusqu'à ce qu'elle atteigne les chevaux frais préparés sur la voie même; le garçon d'écurie qui les tient met le crochet et jette les rênes au cocher.

Une courroie aboutissant à deux timbres placés sur les paliers (car il faut que la voiture soit symétrique) permet au conducteur, debout à l'arrière, ou à un voyageur quelconque d'avertir le cocher pour faire arrêter la voiture.

Exploitation.

Un signe fait au cocher suffit pour que la voiture s'arrête; mais le conducteur est spécialement chargé de veiller aux signaux qui peuvent être faits de l'extérieur. On peut généralement entrer dans la voiture ou en descendre par devant ou par derrière; cependant, à Philadelphie et à Boston, l'accès d'arrière est seul autorisé : il est affranchi de tout danger et parfaitement commode.

Il monte autant de monde dans les voitures que celles-ci en peuvent matériellement contenir, debout ou assis. Souvent un voyageur qui arrive, entrevoyant la possibilité de s'asseoir à moitié entre deux autres, s'y installe comme il peut, et les deux voisins s'y prêtent en se gênant. Les gens qui se tiennent debout gênent nécessairement les autres, surtout quand ils sont nombreux; cependant

personne ne réclame, personne ne se plaint : ni les voyageurs admis en dernier lieu et qui sont enchantés de partir, même debout, à l'heure des affaires, à l'heure de l'encombrement, — ni la compagnie des omnibus, pour laquelle ces recettes supplémentaires sont un bénéfice net, — ni enfin les personnes assises, qui comprennent qu'elles-mêmes profiteront un autre jour de l'indulgence des premiers occupants.

Ces faits de tolérance réciproque, — qu'on les explique par l'intérêt bien entendu ou par des sentiments de charité chrétienne, — se rencontrent à chaque pas aux États-Unis. De telles mœurs simplifient beaucoup les difficultés d'organisation et de réglementation.

Perception

En général, c'est le conducteur qui est chargé de la perception du prix des places. Cependant nous avons vu à Washington des wagons de rue sans conducteur, où cette partie du service était dévolue au cocher.

Généralement aussi la perception s'opère sans moyens de contrôle apparents; mais il n'en est pas ainsi à San Francisco. Là le conducteur est muni d'une provision de billets comprenant une souche et 4 numéros d'ordre. Chaque billet est valable pour 4 places, et le voyageur trouve un avantage pécuniaire à en prendre. En le lui remettant, le conducteur détruit le n° 1, et le billet, ainsi raccourci, demeure valable pour trois autres courses. Le conducteur étant tenu de représenter les billets qui lui ont été confiés ou l'argent qui lui a été remis en échange, il n'y a pas d'erreur ou de fraude possible. — Ces billets à souche sont de petits cartons de $0^m,035$ de longueur sur $0^m,006$ de largeur.

Le mode de perception usité à Washington est plus original. Le cocher vous remet ou vous fait passer, contre votre argent, un jeton ou *chèque* en cuivre, analogue à ceux qui servent pour l'enregistrement des bagages sur les chemins de fer ordinaires et que vous devez déposer à l'instant même dans une sorte de tronc vitré placé près du cocher. Le bruit que fait le jeton en tombant avertit le cocher (qui a le dos tourné) que vous êtes en règle vis-à-vis de lui. Si vous tardez soit à lui faire parvenir le prix de la place, soit à faire le dépôt du *chèque*, il appelle votre attention par deux ou trois coups de timbre. Il va sans dire que, pour prévenir toute confusion, il est nécessaire que chacun paye au moment même où il entre dans la voiture. On entre bien souvent par l'arrière sans que

le cocher s'en aperçoive et on pourrait sortir de même. Mais soit par honnêteté pure et simple, soit par l'effet d'un contrôle mutuel dont tous les voyageurs sentent la nécessité, on ne paraît pas se préoccuper de ce genre de fraude possible. — Nous avons dit que le cocher est ici l'unique agent du service. On a pensé qu'en pratique il n'y pourrait pas suffire si on ne lui épargnait pas l'embarras de rendre aux voyageurs le surplus de la monnaie qu'on lui donne. Voici comment on a résolu la difficulté. On a préparé dans de petits paquets cachetés le complément à rendre sur des pièces ou billets (*greenbacks*) de 10 cents, de 25 cents, de 50 cents, de 1 et de 2 dollars, en plaçant le jeton sous la même enveloppe. Le voyageur ouvre le paquet et ne dépose son jeton qu'après avoir vérifié la monnaie qu'on lui rend. Les paquets, dont le contenu est indiqué extérieurement en grosses lettres, sont placés dans une pochette de cuir suspendue près du cocher.

Prix des places.

Nous avons payé pour le prix des places 6 cents à New-York, 7 à Philadelphie, 7 et 8 à Washington, 7 à San Francisco. Ce prix allait être réduit à 5 cents à New-York. Pour apprécier la valeur relative de ces nombres, il faut se souvenir que le salaire des ouvriers est aux États-Unis plus que double de ce qu'il est en France. 7 cents à Philadelphie, c'est à peu près 3 sous à Paris.

Précautions contre les accidents.

Une lampe placée dans la cloison d'avant des cars en éclaire parfaitement l'intérieur et rend la voiture bien visible du dehors ; mais elle n'éclaire pas la voie en avant, et il n'est pas rare, dit-on, que dans les soirées obscures on écrase des ivrognes étendus en travers des rails. Des accidents plus regrettables atteignent les enfants qui s'oublient à jouer dans les rues. A Boston, les *cars* sont tenus d'aller au pas dans le voisinage des écoles publiques à l'heure de la sortie des élèves. Une ordonnance municipale de Philadelphie prescrit de limiter dans tous les cas la vitesse à 10 kilomètres par heure, mais nous croyons qu'en général elle ne dépasse pas 8 kilomètres. Dans l'intérieur des villes, l'allure de ces grandes caisses, qui semblent glisser silencieusement à la surface du sol, est des plus pacifiques.

Les rues centrales de Philadelphie n'ayant qu'une douzaine de mètres de largeur, on n'y a généralement établi qu'une seule voie de fer : deux rues parallèles et voisines servent l'une pour l'aller, l'autre pour le retour.

Chemins de fer à traction de chevaux dans la ville de New-York.

Les chemins de fer à traction de chevaux établis à New-York depuis 1832 et surtout depuis 1852 sont entre les mains de 20 compagnies différentes, dont chacune n'exploite généralement qu'une seule ligne. L'importance des compagnies peut se mesurer par le nombre des voitures qu'elles ont en circulation : ce nombre varie de 25 à 125 pour 19 d'entre elles; il est de 250 pour la Compagnie du *Chemin de fer de la Troisième avenue.*

Cette avenue occupe une position centrale entre la Cinquième (qui se prolonge le long du Parc) et la Rivière de l'Est. Le point de départ des voitures est en face d'*Astor House*, au cœur de la cité; la ligne aboutit à la rivière de Harlem (*King's Bridge*) après un parcours de 13 kilomètres. — La compagnie a reçu de l'administration municipale, en 1853, une autorisation confirmée depuis par la Législature. Elle est tenue de faire partir des voitures toutes les 4 minutes de 7 heures du matin à 8 heures du soir et toutes les 15 minutes de 8 heures du soir à minuit. Mais, en fait, les départs ont lieu de minute en minute pendant la plus grande partie de la journée, et l'intervalle est réduit à $\frac{3}{4}$ de minute au moment de la *poussée* (*the rush up town*) du soir. Cette ligne transporte à elle seule environ 25 millions de voyageurs par an. Son personnel est d'un millier d'hommes. Sa cavalerie de 1.600 chevaux consomme journellement 18.000 litres d'avoine et 25.000 kilogrammes de foin.

A côté de cette grande voie qui, concurremment avec plusieurs autres, relie le quartier bruyant des affaires avec les paisibles habitations du Nord, nous rappellerons les bacs à vapeur de Brooklyn, qui servent, eux aussi, d'exutoires dans la direction de l'Est. Celui de Fulton-Street notamment part toutes les 10 minutes depuis 3 heures du matin jusqu'à minuit et toutes les 15 minutes de minuit à 3 heures.

Chemins de fer à traction de chevaux dans l'État de New-York.

L'État de New-York, dont l'étendue équivaut à peu près au quart de celle de la France, possède 470 kilomètres de chemins de fer desservis par des omnibus à traction de chevaux.

La voie est double sur une longueur de 288 kilomètres.

Le nombre des voitures est de 1.763; celui des chevaux ou mulets employés est de 9.894.

Le nombre des voyageurs transportés en 1869 a été de 157 millions.

L'établissement de ces chemins a coûté environ 107 millions de francs.

En 1869, la dépense d'entretien de la voie a été de 3 millions, y compris 928.000 francs de contributions. Les dépenses d'exploitation ont été de 34 millions et les recettes de 48.

Les accidents occasionnés par l'exploitation en 1869 se résument en 27 tués et 71 blessés, soit 98 en tout. Ces 98 victimes, dont un peu plus du tiers a succombé, se composaient de 57 voyageurs, 7 employés et 34 personnes étrangères. Les accidents de voyageurs paraissent tenir en très-grande partie à des imprudences de gens ivres.

Omnibus ordinaires à New-York.

L'encombrement de Broadway et de certaines rues de la ville vieille a conduit à conserver six lignes d'omnibus ordinaires (*City stage lines*).

Les voitures sont analogues à nos petits omnibus de famille, elles ne contiennent que 10 places (toujours sans impériale); mais à la façon dont la caisse est profilée et décorée, on dirait des voitures de gala. On y accède par l'arrière en gravissant 3 marches. Une portière sans serrure se tient fermée grâce à une courroie de cuir qui, passant par-dessus la caisse, va se placer sous le pied du cocher : il soulève le pied quand la porte tend à s'ouvrir et ramène ensuite la courroie à lui. La voiture présente un surhaussement longitudinal limité du côté d'avant par une paroi verticale dans laquelle est percé un orifice de $0^{m},08$ à $0^{m},10$ de diamètre. C'est par cet orifice que les voyageurs passent leur argent au cocher et reçoivent de lui, s'il y a lieu, l'excédant de menue monnaie (ou de menu papier). Et ici l'on n'a pas recours aux paquets préparés de Washington : il faut que le cocher manie et compte l'argent en détail tout en surveillant ses chevaux. Un timbre placé près de l'ouverture le prévient qu'il doit tendre la main en arrière; le voyageur se tient debout en attendant (c'est une petite opération que toutes les dames sans exception font faire par leurs voisins).

Ces *omnibus* de New-York sont une sorte de véhicule aristocratique. Le prix des places y est de 8 cents sur l'une des lignes et de 10 cents sur les autres. On n'y voit que des gens ayant une certaine tenue. Les hommes de couleur n'y montent pas, tandis qu'ils prennent place dans les *cars*. Ceux-ci marchent le dimanche comme les autres jours, ce que les omnibus ne font pas.

B. — CHEMIN DE FER AÉRIEN DE NEW-YORK.

On désigne sous ce nom, à New-York, une voie de fer supportée par une file unique de colonnettes en tôle à $4^m,50$ environ au-dessus du sol de la rue. Dans les rues très-encombrées, les colonnettes ne tenant pas plus de place qu'une rangée d'arbres, un chemin de fer pourrait, sans gêner en rien la circulation locale, faire un service de transit.

Une compagnie s'est formée, pour exploiter cette idée, sous la dénomination de *New-York elevated Railroad Company*. Autorisée à cet effet par la législature de l'État, elle a commencé en 1867 et elle avait terminé en 1870 une ligne commençant près de la Batterie, à l'extrémité sud de la ville, et montant, sur 4 à 5 kilomètres de longueur, par l'avenue de Washington (la 9e) jusqu'à la gare de tête du chemin de fer de l'Hudson River ; mais on n'a pas encore établi de transports réguliers. Nous avons vu plusieurs fois passer des wagons isolés en l'air, à la hauteur du premier étage des maisons ; mais ce n'était qu'une circulation d'essai.

Les colonnes sont des tôles de la Compagnie du Phœnix ; elles ont $0^m,20$ de diamètre et sont espacées de $7^m,50$ environ. Chacune d'elles se bifurque à la partie supérieure, transversalement à la voie, pour recevoir une traverse sur laquelle reposent deux poutrelles de fer supportant les rails. On a installé sous le trottoir, à des distances de 800 mètres environ, des machines dont chacune fait mouvoir un tambour sur lequel s'enroule un câble de remorque.

D'après ce que nous avons entendu dire, les premiers essais n'ont pas réussi : des travées construites à la rencontre des rues transversales se sont rompues. Les wagons, qui ont à peu près les dimensions des wagons américains ordinaires, semblent peu sûrement assis sur ces frêles supports. La perspective des conséquences nécessairement très-graves d'un déraillement provoque des appréhensions que l'expérience seule pourrait dissiper peu à peu.

En somme, bien que le principe soit ingénieux et qu'il fournisse théoriquement un moyen de désencombrer des rues telles que Broadway, on augure peu favorablement du succès de l'entreprise actuelle, à laquelle l'opinion publique semble être indifférente. On construira plus probablement sur arcades le chemin

de fer dont le besoin se fait de plus en plus sentir pour relier le bas avec le haut de la ville et transporter rapidement, à certaines heures du jour, de grandes masses de voyageurs. La régularité du plan des villes américaines donnerait beaucoup de facilité pour intercaler ces arcades entre les files de maisons : on n'aurait à prendre que des points d'appui dans les petits jardins qui les séparent.

IV. — PONTS TOURNANTS ET TUNNELS SOUS L'EAU A CHICACO.

Situation topographique de la ville.

Chicago est bâti sur la rive occidentale du lac Michigan, dans une plaine qu'aucune colline ne limite à l'horizon. En dehors de la ville, c'est la *prairie*. Deux cours d'eau, venant l'un du nord et l'autre du sud, se réunissent à 1.400 mètres de distance du lac et forment ce qu'on appelle la rivière de Chicago. Le port est à l'embouchure du tronc commun ; les navires remontent dans l'une et l'autre branche ; les entrepôts et les appareils de transbordement (dont nous parlerons plus tard) sont disséminés sur les deux rives. Les gares de voyageurs et de marchandises, les établissements publics, les principaux hôtels, les beaux magasins sont en grande partie concentrés vers la partie inférieure de la rivière.

Ponts tournants.

Pour relier les rives opposées, on a construit d'abord des ponts flottants, puis des ponts tournants. Le nombre de ces ponts est considérable. Ils sont tous formés d'un tablier recouvrant deux travées et pivotant sur une pile intermédiaire. La légèreté de construction de ces ouvrages permet d'imprimer à la manœuvre une très-grande rapidité.

La longueur totale du tablier est de 180 pieds ($54^m,90$) ; la pile a 14 mètres d'épaisseur ; il reste conséquemment 20 mètres d'ouverture pour chacune des travées. Le pont a $5^m,30$ de largeur entre les deux poutres. — Ces poutres sont construites en *bowstring* et divisées en dix-huit panneaux. Elles ont, comme dans le système Howe, des tirants verticaux en fers filetés aux deux bouts, et des croisillons rigides en bois. Les deux semelles, qui ont à résister l'une et l'autre à l'extension, sont formées de tôles rivées. Le contreventement supérieur consiste en sept traverses de fer laminé à double té et en douze tiges obliques à crochets. Les sommiers triangulaires dans chacun desquels aboutissent les pièces de char-

pente sont en fonte évidée. Le tablier repose sur un pivot central et sur une couronne de galets. Les engins de manœuvre ne présentent rien de particulier.

L'importance chaque jour croissante des communications locales se prêtant de moins en moins aux besoins de la navigation, on a relevé les premiers ponts-tournants et obligé les petits remorqueurs, qui passent et repassent à chaque instant, à réduire la hauteur de leurs cheminées. Mais ces palliatifs sont devenus insuffisants pour certaines grandes artères, et l'administration municipale a résolu d'en relier les deux tronçons d'une manière permanente en établissant des passages sous l'eau. Dans un article ultérieur, relatif à la distribution d'eau de Chicago, nous parlerons d'un tunnel de 3.220 mètres de longueur qui a été construit de 1864 à 1867 sous le lac Michigan pour servir de canal d'amenée à l'eau prise en un point convenable du lac. La réussite complète de cet important travail contribua à faire décider l'établissement des tunnels des rues. On a commencé en 1866 et livré à la circulation, le 1er Janvier 1869, un tunnel ouvert dans le prolongement de la rue de Washington ; nous en avons visité un autre, qui a dû se terminer en 1871, dans le prolongement de la rue de La Salle.

Tunnel de Washington-Street.

La branche du Sud, que la rue de Washington rencontre dans sa direction de l'est à l'ouest, a un peu moins de 60 mètres de largeur. On a construit sur 222 pieds (67m,71) un ouvrage en maçonnerie de briques composé de trois voûtes, dont deux de 3m,35 pour les voitures et une de 3m,05 pour les piétons. Cet ouvrage est précédé et suivi de deux autres composés de deux voûtes seulement et ayant l'un 123m, l'autre 95m de longueur. Puis viennent des tranchées à ciel ouvert. La rue de Washington a 80 pieds (24m,40) de largeur. La jonction ainsi établie a une longueur totale de 490 mètres depuis l'axe de Franklin-Street (à l'est) jusqu'à celui de Clinton-Street (à l'ouest) ; elle passe sous une rue intermédiaire d'un côté et sous deux rues de l'autre. Le radier concave du tunnel présente, sous l'axe de la rivière, un point bas où les eaux arrivent pour tomber dans un égout d'où on les extrait avec une pompe. Sur 31m de chaque côté de ce point central, la pente longitudinale du tunnel n'est que de $\frac{1}{12}$; mais la rue remonte ensuite avec $\frac{1}{19}$ d'inclinaison vers l'ouest et $\frac{1}{16}$ vers l'est. D'après des constatations faites dès le mois de Janvier 1869, on a reconnu que l'inclinaison de $\frac{1}{16}$ ou 6c.m,2 était trop forte et qu'il convenait de ne pas dépas-

ser désormais $\frac{1}{20}$. — Il ressort incidemment du compte rendu de ces observations que l'on considère comme un chargement considérable celui d'un chariot à quatre roues qui, traîné par deux chevaux, pèse à vide 1.268 kilogrammes et en porte 2.883.

Franklin-Street est à $3^m,51$ et Clinton-Street à $4^m,12$ au-dessus de l'étiage de la rivière. Le fond des radiers concaves, au milieu du tunnel, est à $9^m,88$ au-dessous du même niveau. Les deux voûtes (en anse de panier) ont leur intrados à $5^m,07$ au-dessous de l'étiage. L'épaisseur de ces voûtes est de $0^m,55$. — Le tunnel devant être établi à une profondeur relativement aussi faible, on ne pouvait songer à le traiter comme un tunnel ordinaire et à y appliquer les procédés employés soit au tunnel de la Tamise, soit à celui du lac Michigan. On a simplement isolé par un batardeau une moitié de la rivière ; on a épuisé, ouvert une tranchée, construit le tunnel à ciel ouvert, remblayé par-dessus, puis déplacé le batardeau et construit l'autre moitié du tunnel comme on avait fait pour la première.

Les voûtes ont été hourdées avec du bitume au lieu de mortier. Nous n'avons aperçu à l'intérieur que des suintements insignifiants.

Tunnel de La Salle-Street.

Le tunnel de la rue de La Salle passe sous la branche principale de la Rivière, laquelle a près de 100 mètres de largeur. On a adopté la même section transversale et les mêmes conditions d'exécution que pour la rue de Washington. Le profil à trois voûtes règne sur $91^m,50$ au lieu de $67^m,71$. L'entrepreneur a été tenu, dans l'établissement successif de ses deux batardeaux, de laisser un chenal de 30 mètres au moins pour la navigation.

La première moitié du tunnel était construite quand nous avons visité le chantier, et on travaillait à la seconde. On a réduit à $\frac{1}{20}$ l'inclinaison des rampes d'accès. Des trois voûtes accolées, l'une sera affectée aux *cars* ou omnibus sur rails, une autre aux voitures ordinaires, la plus petite aux piétons.

On trouvera aux documents-annexes le devis complet des travaux, plus un résumé de l'avant-métré avec les blancs ménagés pour recevoir, au moment de l'adjudication, l'inscription des prix élémentaires demandés par les concurrents.

On construisait encore en 1870, sous la rivière de Chicago, une galerie destinée à recevoir une conduite d'eau. Plusieurs des conduites, qu'on avait jusque-là

posées simplement sur le fond, avaient été endommagées par diverses causes.

C'est la ville de Chicago qui fait exécuter elle-même et à ses frais ces ponts tournants et ces tunnels, et elle les met à la disposition du public sans percevoir aucun droit de péage. Une commission municipale dite des travaux publics dirige et surveille tout ce qui concerne la création et l'amélioration des rues, les égouts, la distribution d'eau et l'approfondissement qui s'exécute, comme nous l'avons dit, en vue d'assainir la rivière, dans le canal de l'Illinois au lac Michigan. Mode d'exécution.

V. — GARE AUX BESTIAUX DE CHICAGO.

Nous avons visité à Chicago un établissement (*Live stock yard*) spécialement destiné au commerce de bestiaux dont cette ville est le centre. C'est une gare construite par une Compagnie particulière en 1865 au prix de 8.375.000 francs. Elle occupe une superficie de 139 hectares et comprend 3.000 parcs ou enclos de 49 hectares de surface totale. Un tiers de ces parcs est couvert et réservé aux moutons et aux porcs, le reste est affecté au gros bétail. Ils sont desservis par un réseau de 16 kilomètres de rues ou allées et peuvent contenir 100.000 porcs, 50.000 moutons, 27.000 bœufs et 350 chevaux. L'établissement a une distribution d'eau alimentée par deux puits artésiens de 360 mètres de profondeur. On y voit de nombreux plans inclinés pour l'embarquement et le débarquement des animaux, des bascules de pesage, etc. Les opérations de l'année 1869 se résument ainsi qu'il suit :

	BŒUFS.	PORCS.	MOUTONS.
Arrivages..	403.102	1.852.382	340.072
Expéditions..	294.717	1.285.955	108.690
Consommation locale ou salaisons opérées à Chicago.	108.385	566.427	231.382

VI. — ÉGOUTS DE NEW-YORK.

Ne voulant signaler dans ce rapport que ce qui nous a intéressé, nous n'avons presque rien à dire des égouts.

Tous ceux de New-York sont calculés pour débiter au moins autant d'eau

qu'il en peut tomber, à raison de 0m,025 par heure, sur le versant correspondant à chacun d'eux; mais beaucoup de ces égouts consistent en tuyaux de 0m,30 seulement de diamètre, qui s'obstruent d'autant plus facilement qu'ils servent à l'évacuation des matières de vidange. On a l'intention de les faire plus grands désormais et même de ne conserver les tuyaux que sur les fortes pentes, là où leur obstruction n'est pas à craindre. Une autre amélioration introduite dans les projets récemment dressés consiste à prolonger les égouts, partout où cela est praticable, jusqu'à l'extrémité des môles, jusqu'à la partie des deux rivières que balayent les courants de marée.

Une loi qui date de 1865 a donné à l'administration municipale les pouvoirs nécessaires pour remanier et améliorer le système entier des égouts. Les tranchées à ouvrir dans le sol rocheux du haut de la ville rendent l'exécution très-coûteuse.

Le développement actuel des égouts de New-York est de 420 kilomètres.

Du 5 Février 1846 au 31 Décembre 1869, on a dépensé pour le curage, les réparations et la reconstruction partielle de ces égouts une somme de 4.456.161 fr.

Les permissions accordées, durant la même période, pour relier ces égouts avec l'intérieur des maisons riveraines ont rapporté à la ville. . 2.562.636 fr.

Il y eut un excès de recettes jusqu'en 1857; il y a eu depuis lors un excès de dépenses qui pour l'année 1869 s'est élevé à 100.107 fr.

VII. — LE CENTRAL PARK DE NEW-YORK.

Opération financière.

Le *Central Park* a une superficie de 730 acres (296 hectares). C'est en 1857 que la Ville a acheté les terrains nécessaires et commencé les travaux d'appropriation. Les terrains ont coûté. . . . . 25.144.220 fr. 50

La dépense faite en travaux, du 1er Mai 1857 au 1er Janvier 1870 s'est élevée à. 28.876.935 70

Dépense totale. . . . . 54.021.156 fr. 20

Le service de l'emprunt, qui fut contracté à 5 et à 6 pour 100, imposait à la ville en 1869 une charge de. . . . . 3.261.234 fr. 35

D'autre part, la création du parc a donné aux propriétés voisines une plus-

value qui se traduit par une augmentation des impôts payés à la ville. Les propriétés comprises dans les trois arrondissements qui entourent le parc (le 12e, le 19e et le 22e) étaient estimées en 1856. . . . . 132.147.825 fr.

Augmentant d'année en année depuis quatorze ans, leur valeur fut portée en 1869 à. 751.123.715

La plus-value était donc de. . . . . 618.975.890 fr.

L'impôt fixé pour l'année 1869 étant de 2,27 pour 100 de la valeur des immeubles, la plus-value en question a augmenté le produit de l'impôt de. . . . . 14.050.752 fr. 70

Si l'on en retranche la somme affectée au service de l'emprunt. 3.261.234 35

on voit qu'il restait à la ville un supplément net de revenu montant à. . . . . 10.789.518 fr. 35

Et le bénéfice pécuniaire de l'opération ne s'arrêtera pas là. Les terrains continuent à croître de valeur. Pour l'année 1870, l'estimation des trois arrondissements dont il s'agit a été portée à. . . . . 866.063.075 fr.

Fréquentation.

D'ailleurs, le point de vue financier ne tenait qu'une place secondaire dans la pensée des fondateurs du Parc Central. C'est surtout dans les relevés de la fréquentation qu'il faut chercher si le but d'une création semblable a été atteint. Or voici quelques-uns des chiffres recueillis pour l'année 1869.

Il est entré dans le parc, savoir :

	LE DIMANCHE.	DURANT L'ANNÉE ENTIÈRE.
Piétons.	1.225.379	3.265.541
Cavaliers.	8.588	54.611
Voitures.	238.893	1.340.697
Traîneaux.	7.670	»
Vélocipèdes.	650	8.714

C'est au mois d'Août que la fréquentation mensuelle des piétons a atteint son maximum ; il en est venu. 561.963

Laissant de côté les traîneaux, qui n'ont paru qu'en Décembre, Janvier et Février, c'est au mois de Mai que l'affluence a été la plus considérable pour les trois autres catégories ; il est venu, savoir :

8.810 cavaliers.
148.310 voitures.
2.786 vélocipèdes.

Si l'on suppose que chaque voiture portait trois personnes en moyenne, le nombre total des visiteurs peut être évalué à. 7.350.957

Enfin on a patiné trente-huit jours dans le parc, et trente concerts y ont été donnés.

Le bien-être ainsi procuré gratuitement, durant une seule année, à 7 ou 8 millions d'individus peut être inscrit honorablement au budget d'une administration municipale. Nous n'avons pas de chiffres comparatifs à citer pour le bois de Boulogne et surtout pour les squares intérieurs de Paris. Mais en visitant le nouveau parc de New-York, nous nous sommes souvenu avec quelque fierté que c'est d'ici qu'est partie, il y a vingt ans, l'impulsion qui a fait transformer les jardins publics dans la plupart des grandes villes du monde, et que M. Haussmann trouva ses principaux collaborateurs dans le Corps des ponts et chaussées pour cette partie de son œuvre qui fera vivre son nom dans la postérité.

VIII. — ÉCLAIRAGE PUBLIC.

New-York.

L'éclairage au gaz de la ville de New-York est partagé entre quatre compagnies qui ont leurs circonscriptions distinctes :

1° La Compagnie dite *de New-York* dessert toute la partie méridionale de l'île jusqu'à *Grand-Street*. Elle alimente 3.250 becs publics. Elle a été fondée en 1823 au capital de 5 millions de francs.

2° La Compagnie dite *de Manhattan* dessert la zone comprise entre l'Hudson et la Rivière de l'Est depuis Grand-Street jusqu'à la 34e rue. Elle possède environ 275 kilomètres de conduites alimentant 7.100 becs publics et desservant 32.000 consommateurs particuliers. Elle a fabriqué en 1870 plus de 40 millions de mètres cubes de gaz. Elle a été fondée en 1830 au capital de 20 millions de francs.

3° La Compagnie dite *Métropolitaine* dessert la zone comprise entre les deux rivières depuis la 34e rue jusqu'à la 79e. Son capital nominal est de 12.500.000 fr.

4° Enfin la Compagnie dite *de Harlem* dessert toute la partie septentrionale, au nord de la 79e rue. Elle a été fondée en 1855 au capital de 10 millions.

Une cinquième Compagnie, dont la raison sociale est *New-York Mutual Gaz-Light Company*, a été autorisée, le 30 Avril 1868, par le Conseil municipal à poser des conduites dans *toutes* les rues, avenues et places publiques de la Ville et à les exploiter pendant une période de trente ans sous les conditions imposées aux deux Compagnies de New-York et de Manhattan. Cette Compagnie a presque terminé son usine ; mais elle n'a encore posé aucun tuyau.

L'administration municipale voulant avant tout répandre les bienfaits de l'éclairage au gaz, les charges imposées aux Compagnies concessionnaires se bornent à fort peu de chose.

Il y a en ce moment plus de 800 kilomètres de conduites de gaz et 19.000 becs dans les rues. C'est la moitié environ de ce que possède la Compagnie Parisienne du gaz dans Paris et la banlieue (1.500 kilomètres et 36.000 becs).

D'après un tableau préparé pour 1871 et qui donne pour chaque jour les heures d'allumage et d'extinction des becs, la durée journalière de l'éclairage devait être de $13^h.40^m$ pour un seul jour (le 31 Décembre) et décroître ensuite de $13^h.35^m$ à $7^h.30^m$. Le nombre d'heures s'élève pour l'année entière à $3.833^h.20^m$, ce qui donne une moyenne journalière de 10 heures et demie.

Le gaz se vend par 1.000 pieds cubes ($28^{mc},37$).

Prix du gaz dans différentes villes des États-Unis.

Le prix est naturellement moins élevé dans les grandes villes que dans les petites ; puis il diminue avec la distance des mines et la difficulté du transport.

La ville où le gaz est de beaucoup le moins cher, c'est Pittsburg. Y compris l'impôt payé au gouvernement fédéral, il ne vaut que $0^f,33$ le mètre cube. Voici les prix payés dans d'autres villes que nous avons visitées :

Philadelphie	$0^f,45$
Cincinnati	0,46
New-York	0,53
Washington	0,58
Reading et Pottsville	0,62
Albany et Chicago	0,66
Saratoga et Saint-Louis	0,80
Nyack et Tarrytown	0,88
San José (Californie)	1,24

A Virginia-City, vers le haut de la Sierra-Nevada, le gaz se paye 2f,52.

En général, le prix est compris entre 3 et 5 dollars par 1.000 pieds cubes, c'est-à-dire entre 0 fr. 50 et 0 fr. 90 par mètre cube.

L'ingénieur chargé de la surveillance de l'éclairage à New-York signalait, dans le rapport présenté pour 1870 au Conseil municipal, des essais faits à Philadelphie en vue d'obtenir du gaz par un mélange d'huiles brutes de pétrole. Ce gaz possède, paraît-il, un pouvoir éclairant plus considérable que celui du gaz extrait de la houille, et on le fabrique à meilleur marché. Une Compagnie s'est constituée pour l'exploiter. Si le nouveau procédé réussit pratiquement (*if practically successful*), il devra procurer une économie aux consommateurs. On sait d'ailleurs que les sources de pétrole les plus abondantes se trouvent dans la partie nord-ouest de la Pennsylvanie.

IIe SECTION. — DISTRIBUTIONS D'EAU[1].

I. — NEW-YORK.

Renseignements historiques.

L'aqueduc qui amène à New-York les eaux du Croton ne peut plus être classé parmi les nouveautés du pays; car, commencé en 1837, il était assez avancé dès l'année 1842 pour faire un service provisoire, et il fut considéré comme terminé en 1849. Il est surtout connu par une description qui en fut faite en trois langues et publiée en 1846 par M. Schramke, un des ingénieurs qui avaient pris part à l'exécution des travaux. Tout n'a pas été dit cependant sur cette période de premier établissement de l'aqueduc. Puis des travaux additionnels ont été exécutés pour faire face aux besoins d'une consommation croissante. Enfin

[1] Les Annales des ponts et chaussées ont publié en 1863 un intéressant article de M. l'ingénieur Huet sur les distributions d'eau de New-York et de Washington.

nous trouvons cet aqueduc du Croton si remarquable au point de vue de l'histoire de l'art, que nous allons, au risque d'y comprendre quelques faits connus de tout le monde, entrer dans d'assez longs détails à ce sujet.

Les premiers travaux exécutés en vue d'une alimentation publique de New-York datent de 1774. Mais ce ne fut qu'en 1834 qu'une commission chargée par l'administration municipale d'étudier la question, après avoir hésité entre des solutions diverses, donna la préférence à un projet de dérivation des eaux du Croton. L'affaire était jugée si grave qu'elle fut soumise au suffrage direct des intéressés. Le vote eut lieu au mois d'avril 1835 : trois arrondissements sur quinze repoussèrent le projet, mais les douze autres l'accueillirent favorablement, et la plus grande majorité se rencontra dans les arrondissements les plus chargés par le projet de répartition de la taxe immobilière qui devait, concurremment avec le futur produit des eaux, faire face aux dépenses d'établissement. En résumé, il y eut 17.330 oui contre 5.963 non.

Capacité de l'aqueduc du Croton.

La ville avait alors environ 300.000 habitants. On fit de longues recherches et on discuta beaucoup sur le volume d'eau en vue duquel il fallait régler la section et la pente de l'aqueduc. Les grandes cités qui étaient considérées à cette époque comme pourvues d'une alimentation suffisante recevaient 30 gallons d'eau (114 litres) par jour et par habitant. On voulut faire mieux à New-York. Sans supposer peut-être que la population dût tripler en trente-cinq ans, on voulut que l'aqueduc pût débiter 72 millions de gallons (mesure des États-Unis, soit 273.240 mètres cubes). M. John B. Jervis, qui dressa les projets et dirigea l'exécution comme ingénieur en chef depuis 1836 jusqu'en 1849, détermina la section de l'aqueduc d'après les formules qu'il jugea les plus sûres. Mais dès les premiers essais de mise en eau, il reconnut que le débit serait plus fort d'au moins 15 pour 100. Des expériences faites depuis sur la vitesse du courant, mais que l'ingénieur en chef actuel (M. Tracy) déclare insuffisantes, tendraient à établir que l'aqueduc peut débiter de 110 à 120 millions de gallons (de 417.450 à 445.400 mètres cubes). Ce débit est en tout cas très-supérieur à celui de tous les aqueducs maçonnés qui existent en Europe.

Tracé.

Le Croton est une rivière qui se jette dans l'Hudson à 64 kilomètres en amont de New-York; elle débite en étiage et par vingt-quatre heures 122.661

mètres cubes. Pour en dériver les eaux, on a surélevé le niveau de l'étiage de 12^{m},20 par un barrage construit à 9 kilomètres en amont de l'embouchure. Le tracé descend la vallée du Croton, puis celle de l'Hudson. A 13 kilomètres du barrage il traverse la ville de Sing-Sing; à 53 kilomètres, il atteint la rivière de Harlem qu'il franchit par un grand pont-siphon. Il est dès-lors dans l'île de New-York. A 3 kilomètres plus loin, il franchit en siphon une seconde vallée profonde, celle de Manhattan. Un nouveau parcours de 3^{k},5, qui comprend la traversée de la vallée de Clendinning, aboutit aux réservoirs dit *de réception*, sur la colline d'York, aujourd'hui englobée dans le Parc Central.

De là partent des conduites en fonte qui, après un parcours de 3^{k},5, arrivent au réservoir dit *de distribution*, sur la colline de Murray, en bordure sur la Cinquième avenue, à 5 kilomètres de l'hôtel de ville.

Dans son développement total l'aqueduc se divise ainsi qu'il suit :

Conduite en maçonnerie établie du barrage du Croton à la Rivière de Harlem	52^{kil},908
Id. dans l'île de New-York	6 ,738
TOTAL PARTIEL	59^{kil},646
Traversée du premier réservoir de réception	277
Traversée du réservoir de distribution	129
Tuyaux métalliques du pont-siphon	442
Id. du siphon de Manhattan	1.274
Id. entre les deux réservoirs	3.501
TOTAL	65^{kil},269

Pour avoir la longueur totale de la dérivation il faut ajouter encore celle de la retenue créée en amont du barrage, car sans cet ouvrage il eût fallu faire remonter l'aqueduc à 8 kilomètres plus haut pour obtenir la pente nécessaire à l'écoulement des eaux. La longueur totale est ainsi de 73^{k},323.

Profil en long. La retenue du Croton est à 50^{m},63 d'altitude.

La pente de la conduite maçonnée est de 0^{m},21 par kilomètre en amont de la rivière de Harlem et de 0^{m},14 en aval.

On a attribué 2 pieds de chute (0^{m},61) au siphon de la rivière de Harlem et

3 pieds ($0^m,91$) à celui de Manhattan. Ces chutes, paraît-il, dont bien des personnes avaient redouté l'insuffisance, sont bien celles qui se sont établies quand on a laissé l'eau couler librement dans l'aqueduc.

L'aqueduc traverse un pays très-accidenté, où la roche de gneiss prédomine dans le sous-sol. Il n'est presque jamais en terrain plat; il présente en grand nombre des tranchées profondes, des tunnels et des remblais.

Les déblais ont nécessité l'extraction de plus de 300.000 mètres cubes de rocher.

Il y a seize tunnels dont la longueur varie de $48^m,80$ à $385^m,21$, la hauteur des collines variant de $7^m,62$ à $21^m,35$ au-dessus de la ligne normale de fond (*Grade line, ligne prise à* $0^m,18$ *en dessous du point milieu du radier*). Ces tunnels ont ensemble une longueur de $2.086^m,50$.

Au nord de la rivière de Harlem, l'aqueduc traverse vingt-cinq cours d'eau dont la profondeur, en contre-bas de la ligne de fond, varie de $3^m,66$ à $21^m,35$. Dans un grand nombre des vallées on a posé le corps de l'aqueduc sur un massif de pierres sèches, en ajoutant sur les deux flancs des remblais de terre soutenus par des murs de soutènement ou des perrés. Nous reviendrons tout à l'heure sur cette disposition. Le remblai s'élève jusqu'à $1^m,22$ au-dessus de la voûte de l'aqueduc, jusqu'à $3^m,98$ au-dessus de la ligne de fond. Il y a six vallées où la fondation n'a pas moins de 12 mètres de hauteur.

Dans l'île de New-York, nous avons déjà mentionné les vallées de Manhattan et de Clendinning. Il y en a quelques autres de moindre importance.

En résumé, la longueur d'aqueduc en remblai, empruntant des fondations en maçonnerie, est d'environ $\frac{1}{6}$ de la longueur en déblai.

Mode de construction des ouvrages. — Corps de l'aqueduc.

La section intérieure de l'aqueduc se présente ainsi qu'il suit : un plein cintre de $1^m,13$ de rayon recouvre des pieds-droits inclinés, de $1^m,22$ de hauteur, reliés inférieurement par un radier concave de $2^m,04$ de corde et $0^m,23$ de flèche. La largeur maximum est ainsi de $2^m,26$ et la hauteur maximum de $2^m,58$. La largeur totale de l'ouvrage à la base est de $3^m,66$. — Dans les tunnels de rocher, la voûte est généralement supprimée; mais le fond et les pieds-droits sont toujours revêtus de maçonnerie. Les tunnels établis dans une terre sans consistance ont la voûte et les pieds-droits formés d'un anneau en briques de $0^m,30$ d'épaisseur

uniforme; cet anneau s'appuie par ses retombées sur l'arc renversé du radier.

Aqueduc en remblai.

La dérivation du Croton franchit par des ponts-aqueducs la vallée de Sing-Sing et quelques autres; elle franchit par un pont-siphon la rivière de Harlem, et par un siphon pur et simple la vallée de Manhattan. Mais, ainsi que nous l'avons dit, la solution adoptée dans la plupart des cas consiste en une fondation de pierres sèches avec remblai de terre enveloppant l'aqueduc tout entier. Cette solution étonne par sa complication. Le colonel Church nous a affirmé que c'était la plus économique de premier établissement, attendu qu'on trouvait les pierres à très-peu de distance et qu'on les employait telles quelles; c'était, suivant lui, le seul moyen de franchir tous ces ravins avec l'argent disponible, de faire arriver l'eau à New-York, et d'ouvrir la période des recettes qui, en définitive, ont permis de consolider l'aqueduc tout en amortissant le capital de construction. — M. Jervis tenait beaucoup, d'ailleurs, à soustraire les maçonneries de l'aqueduc, et spécialement la cuvette, à l'influence de la gelée. Dans une note écrite en 1842, il exprimait l'opinion qu'il n'est guère possible de faire des maçonneries susceptibles de rester toujours étanches : l'humidité tout au moins finit par les pénétrer et par atteindre les parements extérieurs; viennent alors les gelées intenses du climat de New-York (*ou même des départements de la Meuse ou de la Meurthe*), et l'on peut être certain que les cuvettes maçonnées de ponts-aqueducs ou ponts-canaux n'auront qu'une existence limitée. — Avec cette préoccupation, on s'explique que cet habile ingénieur ait songé à enterrer même l'aqueduc en remblai.

Cependant la fondation en pierres sèches a donné lieu à quelques mécomptes. Malgré le soin qu'on a pris de bien garnir tous les vides avec de la pierraille, il y a eu des tassements et par suite des fissures dans l'aqueduc ; il s'en produit encore aujourd'hui, après un intervalle de trente années. Le système était donc défectueux en lui-même. — Aussi, dès l'année 1846, M. Jervis, ingénieur-conseil pour les travaux d'établissement de l'aqueduc de Boston, remplaçait les pierres sèches par un massif de terre pilonnée, de sable ou de gravier. Il évitait en même temps de donner aux pieds-droits une épaisseur surabondante : le simple anneau de briques de ses tunnels en terre meuble devint le *type* uniforme de la conduite

d'eau. Nous n'en suivons plus d'autre aujourd'hui. — Ajoutons qu'un des ingénieurs chargés des études préliminaires, M. Martineau (*un nom bien français*), avait proposé dès l'année 1835 une conduite circulaire en maçonnerie (*a round conduit of masonry*).

Aqueducs sous la conduite.

Pour assurer l'écoulement des cours d'eau et des eaux pluviales, on a ménagé, sous la dérivation du Croton, 114 aqueducs (*culverts*) dont l'ouverture varie de $0^m,46$ à $7^m,62$, et dont la longueur cumulée est de $2.427^m,50$.

Regards.

Pour assurer la libre circulation de l'air à travers la conduite, on a construit 33 regards (*ventilators*) espacés d'un mille (1.609 mètres). Le pavillon est circulaire et s'élève à $4^m,27$ au-dessus du sol en se rétrécissant jusqu'à une ouverture centrale de $0^m,38$ seulement de diamètre. Onze de ces regards sont pourvus de portes et donnent accès dans l'aqueduc.

Arrivons aux ouvrages d'art importants.

Barrage du Croton

La hauteur du barrage de prise d'eau et l'importance exceptionnelle de la retenue firent écarter l'idée de le construire avec une carcasse en charpente, suivant l'usage adopté en Amérique. On se décida pour la solution, beaucoup plus dispendieuse, d'un barrage en maçonnerie. Il ne devait d'ailleurs barrer qu'un tiers environ de la vallée, en formant déversoir de superficie, le surplus étant fermé par une digue en terre. Mais celle-ci fut emportée par une crue sans précédent, en janvier 1841, alors qu'elle venait d'être terminée : l'eau montante du réservoir s'était infiltrée entre la couche superficielle de terre gelée et le massif non gelé, à $0^m,50$ en contre-bas du sommet de la digue; les glaçons amoncelés dans le réservoir se précipitèrent par une brèche de 60 mètres. Il fallut tout construire en maçonnerie sur une longueur de 87 mètres.

Cette digue s'élève à $12^m,20$ au-dessus de l'étiage, à $16^m,77$ de hauteur maximum au-dessus du lit de la rivière. Elle a $18^m,61$ d'épaisseur au niveau de l'étiage. — Le noyau de la digue est formé à la partie inférieure par des crèches garnies d'enrochements, juxtaposées et superposées, avec un diaphragme intermédiaire en béton. Du côté d'amont, un remblai revêtu de pierres; du côté d'aval, une maçonnerie de parement avec appareil de grande sujétion, une courbe convexe en haut se raccordant avec une courbe concave, une inclinaison très-roide en somme, qui précipite les eaux du haut en bas. Nous

n'avons vu ni le remous d'un barrage établi naguère à 90 mètres en aval, pour amortir la chute du premier, ni le radier appareillé que représente l'ouvrage de M. Schramke, mais un simple plancher de 18 mètres de longueur, succédant immédiatement à la doucine du parement maçonné. Ce plancher, porté par des pieux et recouvrant du béton, date d'une vingtaine d'années. En 1854, dans une crue extraordinaire du Croton, l'eau s'est déversée par-dessus la crête du barrage en une lame de $2^m,54$ d'épaisseur. — L'effet de cette digue est bien rendu par la photographie que nous devons (ainsi que plusieurs autres) à M. Tracy. On y voit la passerelle construite en 1852 au-dessus de la portion primitivement faite du déversoir.

Pont-aqueduc de Sing-Sing.

Le fond du ravin de Sing-Sing est à $19^m,21$ en contre-bas de la ligne de fond de l'aqueduc. On a construit sur ce point une arche en maçonnerie de $26^m,84$ d'ouverture et $9^m,96$ de flèche; c'est une courbe à cinq centres. Pour assurer l'étanchéité de la cuvette, on a appliqué sur la maçonnerie une chemise en fonte recouverte elle-même d'un placage en briques et ciment. En outre, on a ménagé, entre les murs de cuvette et les murs de tête, un vide de $0^m,15$ qui, tout en assurant l'évacuation des eaux de fuite, constitue un matelas d'air isolant : c'est là le trait original du pont de Sing-Sing.

Pont-siphon de Harlem-River.

La rivière de Harlem a 90 mètres de largeur en très-basses eaux avec une profondeur maximum de $4^m,88$; elle a 100 mètres de plus au niveau ordinaire des hautes eaux; la vallée a 440 mètres de largeur totale à la hauteur de la ligne de fond de l'aqueduc. M. Jervis avait projeté un pont bas, comprenant une seule arche pour l'écoulement des eaux, et sur lequel on eût posé des tuyaux-siphons; il avait même déjà traité pour l'exécution quand la législature de l'État de New-York, cédant à des instances faites en vue de réserver l'avenir de la navigation sur la rivière de Harlem, prescrivit de laisser 30 mètres au moins de hauteur libre au-dessus des hautes eaux ordinaires. On fut ainsi conduit à établir un pont de quinze arches en plein-cintre, dont huit ont $24^m,40$ d'ouverture et les sept autres $15^m,25$. On se tint strictement à la hauteur requise. Du reste, M. Jervis était décidé à employer quand même des tuyaux, pour être sûr d'échapper aux filtrations. On posa donc deux conduites de fonte; elles ont $0^m,90$ de diamètre et sont à $3^m,66$ en contre-bas de la ligne de fond de l'aqueduc. — Dans

l'intervalle de 1842 à 1848, les eaux passèrent par une conduite unique posée sur les batardeaux du pont en construction.

Les deux tuyaux originels devinrent insuffisants, et, en 1861-62, on en ajouta un troisième, un tuyau de tôle de $2^m,30$ de diamètre, reposant sur des colonnettes posées entre les deux autres. On exhaussa les murs de tête de 2 mètres, ce qui ne nuisit pas à l'effet architectural du pont ; et, au lieu de remblayer les tuyaux avec du gravier, comme on l'avait fait primitivement, on maintint la faculté de circuler dans la galerie qui les contient. Elle est recouverte par une voûte en briques très-surbaissée, appuyée sur des coussinets en fonte que relient des tirants en fer. Des ouvertures ont été ménagées pour l'éclairage et l'aérage. La plate-forme supérieure, sur laquelle on se promène, a $7^m,62$ de largeur, y compris la saillie des corniches.

La conduite de tôle est faite de plaques de $2^m,44$ sur $1^m,83$ et $0^m,012$ d'épaisseur, juxtaposées et réunies par des couvre-joints extérieurs de $0^m,23$. Les rivets, placés en quatre files, sont fraisés à l'intérieur. — Les supports, espacés de $3^m,66$, se terminent en haut par une tablette carrée de $0^m,76$ de côté, sur laquelle sont placés trois rouleaux réunis par un châssis de fer ; la conduite repose sur ces rouleaux par l'intermédiaire de selles ou berceaux. Le support du milieu du pont est seul sans rouleaux. A chacune de ses extrémités, la conduite est engagée dans un anneau en fonte qui lui-même pénètre à frottement doux dans un tuyau de même métal : c'est ainsi que le tuyau traverse le mur du regard auquel aboutit la conduite en maçonnerie. — Une ouverture latérale, ménagée en amont sur la rive du nord, permet d'accéder à la galerie.

La pose de cette nouvelle conduite s'opéra sans qu'on interrompît le service des deux autres à la fois. On conserve celles-ci, bien que l'autre puisse suffire à elle seule.

Ce pont-aqueduc, qu'on appelle le Haut-Pont (*High Bridge*), a été exécuté avec les soins les plus minutieux. Pour ne citer qu'un détail, les assises de moellons dans les têtes ont été réglées avec des hauteurs constamment décroissantes à mesure qu'elles s'élèvent, et les joints sont microscopiques. Avec sa hauteur de 35 mètres et sa longueur de 457 mètres, l'ouvrage est un véritable monument. — Les travaux terminés en 1849 avaient coûté 4.817.139 francs.

Siphon de Manhattan.

Au niveau de l'aqueduc, la vallée de Manhattan a 1.275 mètres de largeur et 31^{m},11 de creux. On n'avait pas encore fait beaucoup de siphons pareils en Europe il y a trente ans. Celui-ci a coûté 1.200.000 francs, tandis qu'un pont-aqueduc eût coûté 5 ou 6 millions.

On posa d'abord trois conduites de 0^{m},91. Puis, la consommation d'eau augmentant, on ajouta en 1853 une conduite de 1^{m},22. Enfin en 1861 on en ajouta une cinquième de 1^{m},52. Celle-ci est en fonte comme les autres; elle est formée de tuyaux de 3^{m},79 de longueur et 0^{m},044 d'épaisseur, pesant 5.052 kilogrammes; elle a une longueur totale de 1.255^{m},38. Ces énormes tuyaux ont été fabriqués à Philadelphie.

Nous allons parler maintenant des réservoirs d'emmagasinement, de réception et de distribution (*Storage, Receiving, Distributing Reservoirs*).

Réservoirs d'emmagasinement.

Le bassin du Croton présente en amont du barrage une superficie d'environ 875 kilomètres carrés. La hauteur d'eau de pluie qui tombe annuellement sur cette région est de 1^{m},12 en moyenne. Le sol paraît fort peu perméable. Dans l'évaluation des ressources disponibles, les ingénieurs ont estimé à 36 pour 100 les pertes dues à l'évaporation ou à l'infiltration durant l'écoulement superficiel des eaux pluviales *et à* 19 *pour* 100 *celles qui se produisent dans les réservoirs mêmes*. Le surplus des eaux (ou la moitié environ) pourrait être utilisé pour l'alimentation de New-York : ce serait en moyenne plus d'un million de mètres cubes par jour.

Le réservoir ou lac du Croton, créé dès l'origine, couvre une superficie de 160 hectares et présente une capacité d'environ 500 millions de gallons impériaux (2.271.500 mètres cubes), capacité comptée au-dessus du niveau qui permet à l'aqueduc de débiter 35 millions de gallons par jour (159.000 mètres cubes).

On est en train d'établir un autre réservoir plus haut, sur la branche ouest du Croton, près de la ville de Kent, à Boyd's Corners. Avec une superficie de 120 hectares seulement, il contiendra 300 millions de gallons (13 à 14 millions de mètres cubes). La digue a 200 mètres de longueur et relève les eaux de 18^{m},30. On comptait d'abord la construire en maçonnerie seulement, en béton avec parements de pierres; mais on vient de décider qu'un fort remblai de terre serait

fait en amont du mur. — On peut reconnaître dans ce système mixte la tradition inaugurée il y a deux siècles au bassin de Saint-Ferréol par notre illustre Riquet.

Il est facile d'établir bien d'autres réservoirs dans la partie supérieure de la vallée du Croton. Les emplacements favorables y sont nombreux, comme on peut le voir en jetant les yeux sur une carte spéciale, récemment gravée par les soins de M. Craven, qui fit faire les études en 1857 et 1858.

Réservoirs de réception.

Le Parc Central n'existait pas encore à l'époque où fut construit l'aqueduc. Il y avait là des rues tracées, mais non bâties. Le premier réservoir qu'on établit était partie en remblai et partie en déblai, la profondeur du déblai allant jusqu'à 11^{m},60 en contre-bas du sol. Une digue en terre élevée à 4 pieds au-dessus de l'eau et traversée par une conduite divise le réservoir en deux compartiments. Les digues contiennent un diaphragme en corroi formé de terre grasse et de sable fin; elles sont perreyées à l'intérieur et à l'extérieur. Le réservoir a une superficie de 14 hectares et une capacité de 170 millions de gallons de New-York (616.080 mètres cubes).

On a créé tout à côté, en 1861-62, un second réservoir qui a une superficie de 40 hectares et une contenance de 1.000 millions de gallons (3.624.000 mètres cubes). Les digues sont construites dans le même système : talus perreyés à un et demi de base avec un diaphragme en corroi dans l'intérieur, le parement mouillé étant maçonné à mortier. Le plan d'eau normal, fixé à 10^{m},98 au-dessus du plafond, est à 1^{m},22 en contre-bas des digues d'enceinte. La digue intermédiaire, dont le dessus est pavé, est à 0^{m},90 sous l'eau. Elle a 4^{m},57 et les digues d'enceinte 6^{m},10 de largeur au couronnement. — Ce vaste réservoir est un petit lac et un ornement pour le Parc Central, qu'il domine de tous côtés.

Réservoir de distribution.

A 2 kilomètres S.-S.-O., à l'angle de la Cinquième avenue et de la Quarante-Deuxième rue, se trouve le réservoir de distribution. Six conduites de 4 pieds (1^{m},22) y amènent l'eau du parc Central en suivant le profil ondulé des rues intermédiaires et passant au-dessus de six d'entre elles (de la 101e à la 96e.).

Entouré d'habitations opulentes, dans un quartier où le terrain devait être très-cher déjà en 1840, le réservoir de la Cinquième avenue, beaucoup plus petit d'ailleurs que les autres, ne pouvait être construit avec des digues en terre. Les eaux sont bien encore contenues dans une cuvette en terre; mais la

terre est maintenue par un mur d'enceinte, un mur évidé, ou plutôt deux murs de 1m,22 et 1m,83 d'épaisseur, reliés par des murs de refend qui supportent des voûtes transversales de 0m,30. Cette terre protége le mur contre les variations de température et les infiltrations que ferait naître le contact immédiat de l'eau.

Le niveau normal de l'eau est à 37m,21 au-dessus des basses mers, à 4m,57 en contre-haut du sol de la Cinquième avenue; le parapet du couronnement, qui s'élève à 2m,20 plus haut, domine de 18m,90 le sol de la 42e rue; la profondeur d'eau est relativement considérable (10m,37). Le mur d'enceinte couvre un carré de 132 mètres de côté. Le bassin intérieur a 118 mètres à la crête du talus; il est divisé en deux parties par un mur, à la base duquel le fond de la cuvette se relève en talus; ce mur intermédiaire est en béton avec des parements en pierre et à retraites. Les talus intérieurs du réservoir sont inclinés à 1 pour 1, mais raccordés avec le plafond par un petit glacis à 4 pour 1; ils sont revêtus d'un perré maçonné de 0m,38 d'épaisseur; une couche de béton de 0m,30 est étendue sur le fond.

La capacité du réservoir est de 21 millions de gallons ou 76.104 mètres cubes.

Ensemble des réserves. En résumé, les réserves d'eau dont l'administration municipale dispose pour le cas d'interruption du service de la conduite se composent ainsi qu'il suit :

Réservoir primitif du Parc Central.	616.080mc
Nouveau réservoir.	3.624.000
Réservoir de la Cinquième avenue.	76.104
Total.	4.316.184
Si l'on y ajoute la contenance du lac du Croton, soit.	2.271.500
on a un volume total de.	6.587.684mc

pour suppléer à l'insuffisance du débit du Croton pendant les deux ou trois mois où il se réduit à 120.000 mètres cubes environ. Si considérables que soient ces ressources, elles se sont trouvées épuisées le 2 octobre 1869; mais, par suite des mesures prises en 1870, cet épuisement total ne paraît plus être à craindre.

Haut-service. Pour alimenter certains quartiers hauts qui se bâtissent entre la rivière de Harlem et la vallée de Manhattan, on a décidé, il y a quelques années, de créer, près de l'extrémité sud du pont-siphon, un réservoir spécial où l'on éléve-

rait l'eau avec des pompes. Puis, pour la desserte spéciale de quelques points exceptionnellement élevés, on a résolu de placer une cuve métallique sur une tour. Nous avons trouvé ces travaux en cours d'exécution. Le réservoir en terre a commencé à fonctionner au mois de novembre 1870. — On constata, en essayant la pompe, qu'un coup de bélier se produisait à chaque révolution de la machine : évalué à 30 livres par pouce carré (2 kilogrammes par centimètre carré), il eut bientôt détruit la pompe et la conduite. On y remédia en adaptant à celle-ci un tuyau vertical en tôle de $1^m,83$ de diamètre et $9^m,76$ de hauteur, dans lequel l'eau s'élève librement.

Abaissement de deux conduites.

Nous avons visité avec M. Tracy un travail assez délicat qui s'exécutait dans la Cinquième avenue, entre la 68e rue et la 72e. Une rectification du profil en long de l'avenue forçait d'abaisser deux conduites maîtresses de $0^m,91$; or c'était à l'époque des chaleurs les plus intenses, il n'était pas possible d'interrompre un seul instant l'écoulement des eaux. Cependant le déblai ne pouvait s'opérer qu'à la poudre dans un sous-sol rocheux. Après avoir dégagé la tranchée qui contenait les deux conduites, on l'élargit d'un côté, puis on *ripa* successivement les deux files de tuyaux après avoir placé dessous des selles s'appuyant sur des glissières bien graissées. Cela fait, on protégea les tuyaux par des pièces de bois et des planches contre les mines qu'on allait faire jouer à côté. Quand le nouveau lit fut prêt, on rapporta les glissières en les appuyant sur des dés, on ramena les tuyaux à leur position primitive, après quoi on les fit descendre sur place. Un accident pouvait avoir des conséquences désastreuses pour les terrains bas du voisinage; mais on n'en eut point à déplorer.

Conduites immergées.

Les grands établissements de charité et de correction que la ville de New-York possède dans les îles de la rivière de Harlem et de la rivière de l'Est sont alimentés par des conduites simplement posées au fond de l'eau. Ces conduites immergées ont en général 300 mètres de longueur, et plusieurs sont à une profondeur de 20 mètres.

L'île de Randall est desservie par trois tuyaux. Deux sont en plomb et ont $0^m,076$ de diamètre intérieur. Le troisième est un tuyau de fonte, *à joints flexibles*, de $0^m,15$ de diamètre: système nouveau dont nous parlerons à l'occasion de la distribution d'eau de Philadelphie.

L'île de Ward est alimentée par un tuyau de plomb de $0^m,082$, par un autre en gutta-percha de $0^m,056$, et par une conduite en fonte à joints flexibles, de $0^m,20$, qui a été posée en 1870.

L'île de Blackwells, dans la rivière de l'Est, est séparée de la ville par un bras que le courant de marée parcourt avec violence, tantôt dans un sens et tantôt dans l'autre, sur un fond inégal et raboteux. Elle a été, jusqu'à ces derniers temps, alimentée par deux tuyaux de gutta-percha de $0^m,076$, qu'il faut de temps à autre relever et réimmerger à grands frais pour remédier à des avaries. L'un d'eux ayant manqué deux fois en 1870, on se décida à le remplacer par un tuyau de fonte de $0^m,076$, qui réussit complétement.

Essai des tuyaux.

Lors de l'établissement primitif des conduites, tous les tuyaux étaient essayés deux fois: ils l'étaient par les soins du fabricant avant leur départ de l'usine, puis au dépôt du service municipal, avant qu'on les dirigeât vers les points où ils devaient être posés. Ce deuxième essai ayant été suspendu pendant quelques années, les ruptures devinrent plus fréquentes. Les machines à essayer ont été remises en service en 1870.

Distribution proprement dite.

On a fabriqué et posé à New-York des conduites en fonte de 6 pieds ($1^m,83$) de diamètre; mais elles se sont rompues lorsqu'on les a mises en charge. On en emploie de 5 pieds ($1^m,52$) qui se comportent bien; cependant on trouve préférable de ne pas dépasser le diamètre de 4 pieds ($1^m,22$). Les tuyaux les plus ordinairement employés ont 10, 15, 30 et 50 centimètres.

Toutes ces conduites sont simplement posées en terre. Les égouts sont trop petits pour qu'on puisse les y loger. Des ruptures ont plus d'une fois occasionné des dégâts considérables, notamment sous la Cinquième avenue, en contre-bas du niveau ordinaire de fondation des maisons, et jusqu'à $7^m,30$ en contre-bas de la chaussée.

Le développement total des conduites posées à la date du 31 décembre 1869 était de 517 kilomètres.

Qualité de l'eau.

La température de l'eau ne varie presque pas dans le parcours de l'aqueduc; elle participe conséquemment aux variations qui se produisent dans la température de l'eau de la rivière. Elle a été de $10^\circ,25$ moyennement en 1869; mais elle est descendue à moins de 1° en janvier, février et décembre, tandis qu'elle

est montée à 24° au mois d'août. Quel avantage d'avoir des eaux de sources comme celles de la Dhuis, dont la température à peu près constante n'est pas montée à plus de 13° à Paris dans les plus fortes chaleurs de 1865 !

Les réservoirs découverts dans lesquels l'eau est recueillie à son arrivée à New-York rendent plus considérables encore les variations de sa température. On conçoit par suite l'usage universel de la glace à rafraîchir. La qualité de l'eau est une propriété d'autant plus importante aux États-Unis que tout le monde y boit l'eau sans vin. Nous n'avons bu celle du Croton que filtrée; on assure pourtant qu'elle est bonne à boire sans filtrage. Le filtrage n'est pratiqué en grand dans aucune ville des États-Unis.

A propos d'observations thermométriques, nous ajouterons que la température moyenne de l'air, à New-York, a été de 8°,57 en 1869. La moyenne mensuelle a atteint son maximum en juillet (21°,60) et son minimum en février (—4°,6). La température a varié presque chaque mois de 30 degrés environ. Son minimum absolu a été de 26° au-dessous de zéro et son maximum de 35° seulement ; mais l'année 1869 a été beaucoup moins chaude que celle qui l'a suivie. Nous avons constaté jusqu'à 106 degrés du thermomètre Fahrenheit (41 degrés centigrades), en juillet 1870, dans le grand vestibule du Continental Hotel à Philadelphie.

Consommation

D'après M. Tracy, la quantité d'eau distribuée journellement à New-York en 1870 était de 85 millions de gallons (308.040 mètres cubes), soit $\frac{1}{13}$ de la totalité des réserves dont on dispose. La population étant de 942.292 habitants, le volume d'eau distribué serait de 327 litres par habitant.

La consommation est énorme, surtout pendant les longues et brûlantes chaleurs de l'été, et c'est surtout à domicile qu'elle s'opère. L'administration des eaux se plaignait en 1857 que l'hôtel Saint-Nicolas voulût avoir, au prix courant des abonnements, une quantité d'eau qui s'élevait à 130.000 mètres cubes pour l'année entière ou 357 mètres cubes en moyenne par jour.

Tarifs d'abonnement.

Pour les maisons d'habitation ordinaires, le tarif d'abonnement annuel aux eaux de la ville est réglé en raison de la longueur de la façade et du nombre des étages. Le prix augmente d'un dollar par étage, le nombre des étages variant de 1 à 5. Ainsi, quand la maison n'a pas plus de 16 pieds (4^{m},88) de façade, le prix varie de 4 à 8 dollars, de 20 à 40 francs.

Pour des façades plus étendues, il varie ainsi qu'il suit :

De 16 à 18 pieds.	de 5 à 9	dollars.
De 18 à 20 pieds.	de 6 à 10	—
De 20 à 22 pieds 6 pouces.	de 7 à 11	—
De 22 pieds 6 pouces à 25 pieds. . . .	de 8 à 12	—
De 25 pieds à 30 pieds.	de 10 à 14	—
De 30 à 37 pieds 6 pouces.	de 12 à 16	—
De 37 pieds 6 pouces à 50 pieds.	de 14 à 18	—

Pour les maisons dont la façade excède 50 pieds (15^{m},25), l'abonnement se règle de gré à gré avec le Commissaire des travaux publics.

D'ailleurs ces prix supposent que la famille ou les familles domiciliées dans la maison ne comptent pas ensemble plus de quinze personnes. Pour chaque dizaine de personnes en sus, l'abonnement s'augmente de deux dollars et demi.

Il s'augmente encore s'il y a dans la maison plus d'un cabinet d'aisances et plus d'une baignoire: on paye 2 dollars en sus pour chaque cabinet supplémentaire et 3 dollars pour chaque baignoire. Une maison, comme on en voit beaucoup, qui a 26 pieds (7^{m},93) de façade, deux cabinets d'aisances, quatre étages (dont l'un sous comble, mais non compris le soubassement), et qui est habitée par moins de quinze personnes, paye par an 15 dollars ou 75 francs.

Si l'on se donne le luxe d'une fontaine coulant habituellement trois heures par jour pendant quatre mois de l'année, on paye en raison du débit, savoir :

Pour $\frac{11}{16}$	de pouce d'eau	ou	0^{lit},83	par minute,	7	dollars.
Pour $\frac{1}{8}$	—	ou	1 ,66	—	15	—
Pour $\frac{1}{4}$	—	ou	3 ,33	—	40	—
Pour $\frac{1}{2}$	—	ou	6 ,66	—	90	—
Pour 1	—	ou	13 ,32	—	200	—

Les boulangers payent 5 dollars par an pour chaque baril de farine qu'ils emploient journellement.

Les bouchers payent 5 cents pour chaque bœuf qu'ils abattent.

Pour les machines à vapeur, on paye annuellement par force de cheval, savoir :

10 dollars quand la machine n'excède pas dix chevaux ;

7 ½ pour chaque cheval en sus jusqu'à quinze chevaux;

5 au delà de 15 chevaux.

Les grandes consommations d'eau de l'industrie sont taxées en raison de la quantité moyenne journellement consommée durant une année qu'on suppose être de 300 jours. On paye *par centaine de gallons* (362 litres), savoir :

5 cents pour une consommation qui n'excède pas 200 gallons.						
4 cents pour une consommation			de	200	à 300	—
3 ½	—	—	de	300	à 1.000	—
3	—	—	de	1.000	à 2.000	—
2	—	—	de	2.000	à 10.000	—

Au delà de 10.000 gallons (36 mètres cubes), on traite de gré à gré, mais sans que le prix élémentaire puisse descendre au-dessous de 1 cent.

Les navires à vapeur payent ½ cent par tonne d'eau quand ils en prennent régulièrement et 1 cent quand la fourniture est accidentelle. Les navires à voiles payent 25 cents par 100 gallons.

Du 5 octobre 1842, jour où les eaux du Croton sont arrivées à New-York, jusqu'au 31 décembre 1869, les recettes qu'elles ont procurées à la ville ont été en totalité de. . . . . 86.080.201 fr. Recettes.

Elles avaient été pour l'année 1843 de. 422.223

Elles ont été pour 1869 de. 6.086.825

II. — BOSTON.

La dérivation du Croton avait inauguré en Amérique l'ère des grandes distributions d'eau. Un travail du même genre, quoique de moindre importance, s'exécuta bientôt pour amener à Boston les eaux du lac Cochituate, travail qui presente un véritable intérêt historique, car il suivit celui de New-York et précéda celui de Washington : la première « brique » de l'aqueduc du Cochituate fut posée le 19 octobre 1846, et l'on y introduisit l'eau le 12 octobre 1848.

M. Jervis s'occupa de cet aqueduc à titre d'ingénieur-conseil. Il s'était rendu compte de ce qu'il y avait d'irrationnel dans la forme et d'excessif dans l'épaisseur adoptée jusqu'alors pour les pieds-droits de ces aqueducs, si dispendieux à raison de leur grand développement. Il comprit qu'un aqueduc enterré n'a nullement à résister aux mêmes efforts qu'un pont construit à ciel ouvert, et qu'il n'a pas besoin d'être carrément assis sur sa base : un simple rouleau de briques devait suffire, comme il avait suffi dans les petits tunnels dont l'aqueduc du Croton est hérissé. De là cette forme aujourd'hui bien connue et universellement admise. — L'aqueduc du Cochituate a la forme d'un œuf dont le gros bout est en bas; la largeur maximum est de $1^m,52$ et la hauteur de $1^m,93$. L'enveloppe a $0^m,20$ seulement d'épaisseur uniforme. Un enduit en ciment recouvre la demi-ellipse supérieure pour empêcher l'infiltration des eaux du dehors. L'ouvrage est recouvert par un remblai de $1^m,22$ d'épaisseur au milieu et $2^m,44$ de largeur horizontale, avec des talus extérieurs inclinés à 2 de base pour 1 de hauteur. Il repose, quand il est en remblai, non plus sur un massif de pierres sèches, mais sur un massif principalement formé de sable ou de gravier. — Les tassements et les fissures qui se sont encore produits ont été sans importance.

Le lac Cochituate, situé à 30 kilomètres à l'ouest de Boston, n'est pas, comme le lac du Croton, un réservoir entièrement artificiel. Il avait déjà 5 à 6 kilomètres de longueur du sud au nord, avec une largeur dix fois moindre et une profondeur maximum de 18 mètres; sa superficie variait de 2 à 300 hectares. On suréleva les eaux de 8 pieds ($2^m,44$) par un barrage. — Il y a 24 kilomètres du lac au réservoir de réception de Brookline, et 13 de ce réservoir à celui d'East-Boston. Dans la première partie, l'aqueduc est en maçonnerie, à l'exception d'un siphon traversant le Charles-River (petit fleuve à l'embouchure duquel Boston est bâti). Dans la seconde partie, l'aqueduc est en tuyaux de fonte.

L'aqueduc en briques n'a que $0^m,05$ de pente par kilomètre. Avec une hauteur d'eau de 3 pieds 10 pouces ($1^m,12$), il est considéré comme amenant en vingt-quatre heures plus de 10 millions de gallons (37.860 mètres cubes).

Le siphon du Charles-River, dont le développement est de 299 mètres, descend d'abord de 18 mètres, et se maintient sur une certaine longueur à $1^m,16$ en contre-bas des eaux; puis il remonte sur un pont qui le conduit sur l'autre rive.

Il y a trois réservoirs de distribution : à South-Boston, à Boston et à East-Boston. La conduite a un bras de mer à franchir pour parvenir au premier, et trois autres pour gagner le second et le troisième.

La conduite qui se dirige vers South-Boston est posée sur un remblai maintenu par des pieux et des planches jusqu'à l'alignement du port. Elle est alors placée dans un coffre en bois supporté par des pieux; puis, arrivée au chenal, elle le traverse en un siphon de $0^m,50$ de diamètre, qui présente deux retours verticaux et une branche horizontale logée dans le sol compacte du fond. La hauteur comprise entre le dessus de la conduite libre et le bas du siphon est de $9^m,91$; la largeur du chenal ainsi traversé est de $12^m,20$.

La traversée des deux autres bras de mer s'opère d'une manière analogue. Pour le dernier, celui qui sépare Chelsea de l'île où East-Boston est bâti, la traversée s'effectue par une conduite à joints mobiles dont la fonte a une épaisseur à peu près double de l'épaisseur ordinaire. Cette conduite flexible a une longueur d'environ 140 mètres; elle est posée dans une tranchée draguée à $1^m,83$ de profondeur, et recouverte d'argile et de gravier qui la protégent contre les ancres.

Les travaux exécutés de 1846 à 1848 pour la distribution d'eau de Boston ont coûté 27 millions.

III. — WASHINGTON.

Historique.

La ville de Washington et celle de Georgetown, qui n'est séparée de la première que par la petite rivière appelée Rock-Creek, sont alimentées par un aqueduc en maçonnerie, de 21 kilomètres de longueur, amenant les eaux du Potomac. Les travaux de cet aqueduc, commencés le 8 novembre 1853, et plusieurs fois interrompus faute de fonds, attendent encore quelques parachèvements; mais dès le mois de décembre 1863, les eaux du Potomac arrivaient à leur destination, et depuis plusieurs années déjà la partie inférieure de l'aqueduc amenait les eaux, recueillies en route, d'un petit affluent du fleuve. L'ajournement et les interruptions du travail ont eu pour conséquence d'élever beaucoup la dépense originairement prévue par le capitaine Meigs; on l'estime aujourd'hui à 20 millions de francs environ. Elle reste d'ailleurs ainsi fort au-dessous des dépenses

faites pour les aqueducs de New-York et de Boston, surtout si l'on a égard à la quantité d'eau amenée.

Débit et consommation.

L'aqueduc du Potomac présente une section circulaire de 9 pieds ($2^m,75$) de diamètre intérieur et 11 pieds ($3^m,35$) de diamètre extérieur; l'enveloppe se compose de trois rouleaux de briques de 4 pouces ($0^m,10$) chacun. Depuis la prise d'eau jusqu'au réservoir de distribution, établi sur une hauteur à l'ouest de Georgetown, la pente kilométrique est de $0^m,143$. Avec la hauteur d'eau de $1^m,83$ que le barrage actuel du Potomac produit en étiage à l'entrée de l'aqueduc, le débit est de 190.000 mètres cubes par vingt-quatre heures. Ce barrage, qui part de la rive du Maryland (celle du nord) et s'étend obliquement sur 303 mètres de longueur, ne comprend qu'une partie du fleuve; on a l'intention de le prolonger plus tard jusqu'à la rive virginienne, et alors l'aqueduc recevra toute l'eau qu'il peut débiter, c'est-à-dire 300.000 mètres cubes par vingt-quatre heures; mais cette augmentation de débit n'a rien d'urgent, car les conduites de distribution qui existent actuellement ne permettent de distribuer que 12 millions de gallons (45.000 mètres cubes), c'est-à-dire le quart du volume amené par l'aqueduc. Pour une population totale de 120.583 habitants, les villes de Washington et de Georgetown reçoivent 372 litres par habitant; cependant on se plaint d'une insuffisance que les ingénieurs attribuent au gaspillage des quartiers bas, et ils réclament de nouvelles dispositions législatives pour y porter remède.

Barrage de prise d'eau.

La prise d'eau est faite en amont du rapide qu'on appelle les Grandes Chutes. M. Meigs comptait former le barrage simplement d'une digue en enrochements ayant un talus de 1 pour 1 à l'amont et de 5 pour 1 à l'aval; mais on trouva qu'elle serait trop peu solide et trop peu étanche. M. Silas Seymour, qui fut ingénieur en chef des travaux de 1863 à 1865, fit commencer le barrage actuel en août 1864; on le termina en Décembre 1867. Il consiste en une digue en pierre de taille à parements à peu près verticaux, épaulée en amont par un remblai recouvert d'enrochements. La dalle de couronnement est reliée par des crampons à l'assise inférieure. Ce barrage a supporté sans avaries l'effort des grandes crues du Potomac ainsi que le choc des glaces et des arbres entraînés.

Ponts en maçonnerie

Indépendamment de 26 aqueducs établis sous la conduite, celle-ci fran-

chit sur des ponts en maçonnerie quatre dépressions situées dans l'intervalle du barrage au réservoir de distribution. Les deux premiers ponts sont sans importance. Le troisième (le pont du parc de Griffith) est une anse de panier très-surbaissée de 75 pieds (22^{m},87) d'ouverture. Le dernier est connu sous le nom de pont de *Cabin John*.

Ce pont, qui a 6^{m},10 de largeur entre les têtes et sur lequel passent les voitures, est formé d'une seule arche, la plus grande arche de maçonnerie qui existe. Elle est en arc de cercle de 67^{m},10 d'ouverture, et 11^{m},36 de flèche. Tous les parements vus sont en granite. Les voussoirs du bandeau circulaire se prolongent avant de se relier par de larges redans avec les assises horizontales ; un contre-fort d'une saillie modérée renforce la culée ; des bossages sobrement dessinés décorent les têtes et le dessous de la voûte. On peut regretter, au point de vue architectural, que rien n'accuse extérieurement les évidements intérieurs de ces tympans si vastes. Sous cette réserve, et sans rechercher si une arche de 67 mètres était le moyen le plus économique de franchir un ravin creusé dans le roc, l'ouvrage est d'une simplicité grandiose et (autant que nous pouvons comparer de souvenir à vingt-quatre ans d'intervalle) d'un bien plus grand effet monumental que l'arche en briques du pont de Chester, qui a une ouverture presque égale (62 mètres).

Ce pont a été étudié dans tous ses détails et construit (de 1859 à 1861) par M. Alfred L. Rives, ancien élève externe de l'École des ponts et chaussées, qui exécuta comme ingénieur ordinaire, sous la direction du général Meigs, une partie des travaux de l'aqueduc du Potomac.

Réservoir de réception.

A 3 kilomètres en amont du réservoir de distribution, l'aqueduc avait à traverser la vallée d'un autre affluent du Potomac. On prit le parti de barrer cette vallée, d'en faire un réservoir dans lequel l'aqueduc débouche à l'ouest, à la sortie d'un tunnel, pour en sortir à l'est. Ce réservoir arrête et permet d'introduire dans l'aqueduc les eaux de l'affluent; puis il sert de bassin de repos ou d'épuration pour les eaux du Potomac; il devait enfin économiser une portion de la conduite et notamment un pont sur le cours d'eau. Toutes les eaux dérivées du Potomac passèrent par là du mois de Décembre 1863 au mois d'Août 1867. Mais on regretta bientôt de ne pas pouvoir prendre directement les eaux du Potomac

durant la saison où elles sont si limpides, et on se décida à rétablir, au sud de ce réservoir *de réception*, la continuité de l'aqueduc. Les travaux furent exécutés de 1864 à 1867.

Réservoir de distribution.

Les travaux du réservoir de distribution, suspendus faute de fonds en 1864, sont restés inachevés. Cependant on s'en est servi pendant quatre ans, de juin 1864 à novembre 1868 ; c'était à la fois un bassin de repos et de réserve. On fut obligé d'en retirer les eaux parce que les digues dégradées menaçaient d'être emportées. Le bassin a 686 mètres de long et 259 mètres de large ; sa superficie est de 18 hectares à la ligne d'eau. Quand l'eau a 9 pieds de profondeur dans l'aqueduc, elle n'en a que 7 dans le réservoir, dont la capacité est limitée à 360.000 mètres cubes. Par dérogation au projet primitif, on a l'intention d'approfondir ce réservoir de 13 pieds ($3^m,96$), d'élever la digue intermédiaire à la hauteur des digues d'enceinte et de revêtir de pierres brutes les talus intérieurs. Le réservoir pourra contenir alors 927.000 mètres cubes, c'est-à-dire un volume équivalent à la consommation de vingt jours dans les conditions actuelles.

Réservoir du haut service.

Du réservoir de distribution partent deux conduites maîtresses, dont l'une de 12 pouces ($0^m,305$) alimentant Georgetown et l'autre de 30 pouces ($0^m,76$) alimentant Washington. De plus, on refoule par des machines une petite quantité d'eau, d'une part au profit des maisons établies sur les hauteurs de Georgetown, d'autre part pour le réservoir spécial du haut service, qui se trouve établi là et permet (par exemple) d'envoyer l'eau sur la colline que le Capitole couronne. Ce réservoir du haut service a une capacité de 1.900 mètres cubes. Il doit être couvert par un dôme dont les travaux de construction sont suspendus depuis plusieurs années.

Conduites curvilignes pour ponts.

Pour la traversée du cours d'eau appelé College-Branch et du Rock-Creek, on s'est borné à appuyer sur deux culées deux files curvilignes de tuyaux à brides posés bout à bout comme des voussoirs suivant un arc de cercle.

Sur le College-Branch, l'arc a 120 pieds ($36^m,60$) d'ouverture et $3^m,66$ de flèche. Les deux conduites, reliées ensemble par des croisillons, occupent une largeur horizontale de 6 pieds 6 pouces ($1^m,98$).

Sur le Rock-Creek, l'arc a 200 pieds (61 mètres) d'ouverture et $6^m,10$ de flèche.

Les tuyaux sont encore en fonte et ont 1^{m},22 de diamètre intérieur. Des tympans métalliques, appuyés sur les deux conduites, supportent un tablier de pont de 45 pieds (13^{m},72) de largeur. Ce pont dessert une active circulation entre Washington et Georgetown; des omnibus le parcourent sur des rails qui reposent sur le plancher. Depuis plus de dix ans que cette conception si simple et si hardie du général Meigs est réalisée et soumise aux épreuves variées de la pratique, elle ne paraît avoir donné lieu à aucun mécompte. Les rapports annuels, que nous avons sous les yeux, ne signalent pas d'autres travaux d'entretien qu'un renouvellement de la peinture, à effectuer tous les deux ans, et des réparations de plancher.

IV. — PHILADELPHIE.

IDÉE GÉNÉRALE DE LA DISTRIBUTION D'EAU.

Dès l'année 1793, après une invasion de la fièvre jaune, Franklin se préoccupait de la nécessité où l'on serait un jour de chercher ailleurs que dans des puits l'eau nécessaire à l'alimentation de la ville de Philadelphie. Il faisait remarquer que, le sol se couvrant de constructions ou de pavages, les eaux de pluie ne pouvant plus s'infiltrer et nettoyer les sources, les puits ne donneraient qu'une eau de plus en plus mauvaise. Il recommandait qu'après un siècle au plus tard, on amenât les eaux du Wissahickon, dont le niveau, déjà suffisamment élevé, pouvait être exhaussé par un barrage.

Ce ne fut pas là toutefois le mode d'alimentation auquel on donna la préférence. Philadelphie n'a pas, comme New-York, comme Boston, comme Washington, de grand aqueduc rappelant ceux des Romains. C'est à la science moderne, c'est aux machines élévatoires que Philadelphie, Chicago, Montréal, dont il nous reste à parler, ont demandé la solution du problème de leur alimentation.

Philadelphie est, comme nous l'avons déjà dit, bâtie dans l'isthme qui sépare la Delaware du Schuylkill, au nord de leur confluent. L'eau de ces deux rivières est de bonne qualité, celle du Schuylkill surtout; on puise dans l'une et dans l'autre. La force motrice employée fut tout d'abord la vapeur; puis, de 1819 à 1821, on construisit un barrage sur le Schuylkill, au pied des collines

de Fairmount, et on utilisa comme moteur les eaux de la rivière. L'usine hydraulique ainsi créée, pourvue de huit roues de côté qu'on a en partie déjà remplacées par des turbines, est encore le plus important des établissements qui concourent à l'élévation des eaux. Il y a en outre cinq usines à vapeur, dont une seule sur la Delaware.

L'eau est élevée par des pompes à des hauteurs qui varient de 100 à 240 pieds (de 30 à 73 mètres). On l'emmagasine dans des réservoirs, — toujours des réservoirs découverts, — dont la capacité varie de 20 à 42 millions de gallons (de 76.000 à 159.000 mètres cubes). Quatre d'entre eux sont juxtaposés au sommet de la colline qui domine le barrage de prise d'eau, sur le côté est du Schuylkill; nous en avons vu un autre, en cours de construction, du côté opposé, sur les hauteurs du parc immense qui embrasse les deux rives.

Nous avons visité trois des usines avec l'ingénieur en chef du service, M. Frédéric Graff; nous mentionnerons les faits qui ont principalement attiré notre attention. L'année 1870 a été féconde en améliorations importantes.

A. — USINE HYDRAULIQUE DE FAIRMOUNT.

Barrage de prise d'eau.

Le barrage de prise d'eau est essentiellement composé d'un déversoir de 213 mètres de longueur, faisant suite à une levée insubmersible en terre de 137 mètres. On lui a donné une grande obliquité pour en augmenter le débit; mais on s'est exagéré l'effet que cette disposition pouvait avoir sur des crues de plusieurs mètres de hauteur. On ne pouvait guère établir un barrage fixe, sur une rivière torrentielle telle que le Schuylkill, sans provoquer des débordements en amont; plusieurs riverains ont dû être indemnisés à cette occasion.

Le sous-sol est un rocher qui plonge de l'Ouest vers l'Est. On a fait en terre la portion de la digue qui devait reposer sur des alluvions peu consistantes. Le déversoir a été construit en charpente et pierres, suivant un type adopté aux États-Unis pour les digues de plusieurs réservoirs d'alimentation des canaux; nous en avons dit quelques mots dans le chapitre consacré à la Navigation intérieure (2e section, § 2, II). A plusieurs reprises ce travail a dû être consolidé. En 1864, on immergea des *cribs* ou crèches garnies d'enrochements; mais l'opération a donné des résultats peu satisfaisants, et l'on songe à une reconstruc-

tion totale dont les ouvrages existants et certaines autres sujétions locales compliqueront beaucoup la difficulté.

La chute varie de 6 à 13 pieds (de 1^{m},83 à 3^{m},97), suivant l'état de la marée; les calculs relatifs aux roues hydrauliques ont été faits en vue de 8 pieds (2^{m},44). Le volume de l'eau affluente est évalué à près de 25 mètres cubes par seconde. On a ainsi une force brute de 60.000 kilogrammètres ou 800 chevaux qui, utilisée convenablement, représente 400 chevaux en eau montée. L'eau étant élevée à une hauteur de 125 pieds (38^{m},12) par une conduite de 73 mètres seulement de longueur et 0^{m},91 de diamètre, le volume approche de 0^{mc},80 par seconde, 68.000 mètres cubes ou 18 millions de gallons par vingt-quatre heures. Force motrice.

L'usine se composait encore, il y a vingt ans, de huit roues de côté, dont trois en bois et cinq en fonte avec des aubes en bois. Les trois premières avaient été renouvelées en 1846, après vingt-quatre ans de service non interrompu. La marée noyait en partie ces roues et les arrêtait chaque jour pendant plusieurs heures. Deux d'entre elles furent remplacées en 1851 par une turbine Jonval de 2^{m},75 de diamètre, qui fut elle-même remplacée en 1868 par une autre turbine de 3^{m},13 de diamètre, la plus grande qui existe dans le pays. Une seconde turbine pareille a été montée et mise en service le 20 juin 1870. Une troisième devait l'être en 1871, et ne laisser subsister ainsi que deux des anciennes roues de côté : isolées aux deux extrémités du bâtiment, ces roues doivent céder aussi la place à des turbines. — Le constructeur de ces nouveaux engins est un Français qui réside à Philadelphie, M. Émile Geyelin, ancien élève de l'École centrale. Roues hydrauliques.

Le volume d'eau attribué à chaque turbine est de 10.000 pieds cubes par minute (4^{mc},73 par seconde).

Le canal de fuite peut être fermé à l'aval de la roue par une porte *à rabattement* (*drop gate*), semblable à celles dont nous avons annoncé l'application aux écluses de canal : cette porte, mobile autour d'une charnière inférieure, se rabat vers l'aval et se relève au moyen d'une chaîne, après quoi l'on peut épuiser et mettre à sec le puits de la turbine, en contre-bas de la basse mer. Pour faciliter ces épuisements, on a ménagé un petit puits à côté du grand; un conduit les réunit, et c'est dans le premier que plonge le tuyau d'aspiration d'une

pompe centrifuge. Cette pompe est mue par une petite turbine (de 0m,18 de diamètre) qu'on fait marcher à l'aide de l'eau de la conduite ascensionnelle.

Pompes.

Chaque turbine mène deux pompes à double effet et à cylindre horizontal, de 0m,46 de diamètre et 1m,83 de course. Ces pompes donnent de 12 à 16 coups par minute; on a compté sur 12 dans les calculs d'établissement.

Des murailles en tôle encaissent latéralement le canal d'amenée en amont de la turbine. De chacune d'elles partent deux conduits horizontaux qui aboutissent aux extrémités des corps de pompe. A chacun de ceux-ci sont annexés trois réservoirs à air, qui communiquent par le bas : l'eau monte par les deux réservoirs extrêmes et traverse celui du milieu. La conduite de refoulement se bifurque pour aboutir à la base des réservoirs intermédiaires des deux pompes.

Conduite de refoulement.

Cette conduite, en quittant l'usine, est obligée d'en franchir le bief. Elle a, comme nous l'avons déjà dit, 0m,91 de diamètre et 73 mètres de longueur totale. Le bief n'ayant pas assez de profondeur pour que la conduite pût être simplement posée sur le fond, M. Graff prit en 1868 le parti de la faire passer par dessus, à 2m,75 en contre-haut du niveau ordinaire des eaux. Il la forma de sept tuyaux à brides, et la maintint au moyen de deux chaînes de suspension en fer, constituant ainsi une sorte de poutre dont la conduite est la semelle supérieure. Les deux chaînes articulées, composées chacune de cinq barres de fer méplat, et placées latéralement à la conduite, portent trois selles sur lesquelles celle-ci repose, et s'attachent par leurs extrémités à quatre appendices venus de fonte sur les derniers tuyaux. L'ouverture libre entre les deux culées est de 77 pieds (23m,48).

A partir de la culée de l'est, la conduite s'élève avec une inclinaison de 45° environ vers les réservoirs de Fairmount. Elle est pourvue, à son extrémité supérieure, d'une soupape qui, en cas de rupture de la conduite, empêcherait le réservoir de se vider.

Colonnettes en tôle du *Phœnix*.

Avant de quitter l'usine de Fairmount, nous mentionnerons encore un détail qui s'y rattache.

Le changement adopté pour le système des roues et des coursiers a conduit récemment à reconstruire le bâtiment qui les contient. La toiture est supportée par des colonnettes creuses en tôle d'un type très-répandu aux États-Unis et que

nous avons plusieurs fois déjà cité sans explication dans le cours de ce rapport. La section horizontale présente huit pièces distinctes, savoir : 1° quatre pièces laminées chacune suivant un quart de circonférence avec deux petits retours dirigés suivant le rayon aux extrémités ; 2° quatre baguettes, ou fourrures verticales, qu'on intercale entre les retours et qu'on assemble avec eux par des rivets. L'épaisseur de la tôle varie de $\frac{3}{8}$ à $\frac{3}{4}$ de pouce ($0^m,010$ à $0^m,020$) ; celle des fourrures varie en raison du diamètre final qu'on veut donner à la colonne ; les pièces circulaires peuvent être au nombre de six au lieu de quatre. Le tout est relié dans le bas par une embase en fonte. Telles sont les colonnes de la Compagnie dite du Phœnix, dont les ateliers sont à Phœnixville, près de Philadelphie. On les emploie beaucoup en montants pour les poutres de ponts à grandes mailles.

B. — USINE DITE DU SCHUYLKILL.

Cette usine a trois machines à vapeur. L'une d'elles était changée depuis le 13 novembre 1869, la seconde devait l'être en 1871, et la troisième plus tard.

Machine à balancier latéral.

La nouvelle machine est dans le système de Cornouailles, mais avec une innovation assez saillante : le balancier, au lieu d'être placé en l'air au-dessus des cylindres, a été descendu, dédoublé, et disposé latéralement à un niveau tel que les coussinets qui le supportent reposent directement sur la maçonnerie de fondation. Cette disposition, dont l'initiative est due à M. Graff, est évidemment favorable à la stabilité de la machine et procure une diminution sensible dans la dépense d'établissement ; mais elle attend encore la sanction de l'expérience. — Le cylindre à vapeur a $1^m,83$ de diamètre et celui de la pompe $0^m,91$. La course est de $3^m,05$. — Cette machine peut élever en 24 heures 7.500.000 gallons d'eau (35.000 mètres cubes).

On a construit en même temps cinq chaudières tubulaires.

La conduite de refoulement a $0,^m91$ de diamètre.

Colonnes d'eau régulatrices du jeu des pompes.

Ici encore la pompe est munie d'un réservoir d'air. Mais les ingénieurs américains n'accordent qu'une confiance limitée à ce mode de régularisation du jeu des pompes ; ils doutent de la possibilité d'alimenter sûrement les réservoirs d'air. Aussi emploient-ils généralement, par surcroît de précaution, un tuyau métal-

lique implanté à l'origine de la conduite de refoulement : ce tuyau étant ouvert par le haut, l'eau peut s'y élever et y osciller librement. Ces tuyaux verticaux (*Stand-pipes*), qu'une chemise en maçonnerie protége contre la gelée, ont ordinairement 0^{m},91 de diamètre. Celui qu'on a établi en 1852 sur le penchant de la colline de Fairmount est en fonte; il a 1^{m},22 de diamètre et 15^{m},25 de hauteur. Celui que nous avons vu à l'usine du Schuylkill, se dressant isolément à quelques pas du bâtiment des machines, a une hauteur de 42 mètres.

Le temps que le piston de la pompe met à se soulever, et pendant lequel la colonne d'eau refoulée est abandonnée à elle-même, n'est pas plus long dans cette usine qu'à celle de Chaillot : cependant les réservoirs d'air suffisent ici parfaitement. Si d'ailleurs on fait tant que de construire une tour, pourquoi ne pas s'en tenir aux *châteaux d'eau* que l'on construisait naguère en France? En ajoutant une cuvette supérieure et une conduite descendante, on affranchirait au moins les machines de tout désordre produit par les ruptures dans la conduite de refoulement.

A l'usine de la Delaware, les machines élévatoires ayant été renforcées en 1868, le tuyau vertical n'avait plus assez de hauteur pour que la force motrice pût être intégralement utilisée. On hésitait sur la question de savoir si l'on exhausserait ce tuyau ou si l'on remplacerait la conduite de refoulement par une autre de plus grand diamètre.

C. — USINE DE BELMONT.

L'usine dite de Belmont était en cours de construction quand nous la visitâmes; elle fut mise en activité deux mois plus tard, le 19 septembre 1870. Placée sur la rive ouest du Schuylkill, elle est destinée à remplacer l'usine dite du 24e arrondissement; elle doit alimenter le nouveau réservoir qui se construisait en même temps sur le haut de la colline (*George's-Hill*), et par suite elle desservira les 24e et 27e arrondissements.

Bâtiment des machines.

Le bâtiment des machines a été construit de façon à ne pas déparer le parc. Il a du *mouvement* en plan et en élévation. Des encadrements de grès, qui tranchent sur la brique, font ressortir la forme assez heureuse des baies. On devine

au premier coup d'œil qu'il y a là une grande salle pour les machines, une annexe transversale en arrière pour les chaudières, des bureaux et magasins dans le petit pavillon surélevé qui a pris place dans l'un des angles. Dans l'autre angle s'élève une cheminée décorée de 30 mètres de hauteur.

La salle des machines a intérieurement 22 mètres sur 17. Le sol présente un approfondissement central, dans lequel on descend sur plusieurs points par quelques marches, et qui est destiné à recevoir trois machines placées perpendiculairement aux longs côtés du bâtiment. La salle des chaudières a 30 mètres sur 16; elle est complétement séparée de l'autre par un mur plein, afin que la poussière de charbon ne puisse pas arriver aux machines.

Pompes à vapeur de Worthington.

L'une de celles-ci venait d'être mise en place; elle entra en service régulier le 19 septembre. C'est une double pompe à vapeur de Worthington, la première du genre qu'on admit officiellement dans la distribution d'eau de Philadelphie; mais elle avait déjà précédemment servi à titre de machine auxiliaire à l'usine du Schuylkill et donné dès le début d'excellents résultats qui se confirmèrent à l'usine de Belmont. Voici en quoi elle consiste essentiellement.

Trois cylindres sont disposés suivant un même axe horizontal et leurs pistons calés sur une même tige rigide. L'un de ces cylindres est un corps de pompe de $0^m,53$ de diamètre. Les deux autres, posés bout à bout, et séparés du premier par un intervalle de $1^m,50$ environ, fonctionnent comme les deux cylindres verticaux de la machine à vapeur de Woolf; le plus grand a $1^m,50$ de diamètre et le plus petit $0^m,75$. La course est de $1^m,22$. — Deux systèmes pareils sont juxtaposés sur un bâti en fonte. Sur chacune des deux tiges est articulée une bielle qui mène les tiroirs de l'autre machine. — Les nombreuses soupapes du corps de pompe, placées les unes en dessus et les autres en dessous, se soulèvent verticalement; elles sont formées de disques en fonte creuse, doublés de caoutchouc. Le piston plongeur est creux et presque flottant.

A raison de la manière dont le mouvement des deux pompes est coordonné, on n'a pas construit de *stand-pipe*.

Voilà ce qu'on appelle « Worthington Duplex Pumping Engine. » Imaginé, il y a quelques années, par M. Henry R. Worthington, de New-York, ce système paraît (d'après ce que nous disait M. Geyelin) avoir été assez froidement accueilli en An-

gleterre. Mais il se répand aux États-Unis, où il est plus employé qu'aucun autre, à l'exception des machines de Cornouailles, pour les distributions d'eau. Des machines Worthington ont été montées à Harrisburg (Penns), au cimetière de Greenwood (Long-Island), à Cambridge (Mass.), à Charlestown (Mass.), à Salem (Mass.). Les trois dernières élèvent chacune 5 millions de gallons d'eau (18.925 mètres cubes) par vingt-quatre heures. On en a construit une à Jersey-City en 1870; elle refoule l'eau à 175 pieds (53^{m},53) de hauteur; et durant l'épreuve de réception, le piston marchant à une vitesse de 90 pieds 9 pouces par minute (0^{m},46 par seconde), le volume d'eau refoulé a été de 5.034.309 gallons de New-York ou 4.027.440 gallons anglais (18.000 mètres cubes). A une vitesse de 0^{m},54 par seconde, le débit s'éleva à 22.000 mètres cubes.

Les avantages du système sont les suivants :

La machine occupe peu de place (9^{m},15 sur 3^{m},05 à l'usine que nous avons visitée). Plusieurs tiges métalliques rigides qui relient le cylindre à eau aux deux autres rendent le tout solidaire et permettent de réduire les fondations à un massif de briques peu coûteux. L'horizontalité des cylindres assure la stabilité de la machine et permet d'accéder facilement à toutes les pièces pour la visite et l'entretien. L'absence de volant et de bielles réduit à un minimum le poids mort des pièces mobiles. — En somme, le prix d'établissement est sensiblement moindre. La machine paraît simple à conduire. Quant à la question capitale de la quantité de charbon brûlée, les renseignements que nous avons recueillis ne concordent pas bien, et il ne semble pas qu'on ait fait jusqu'ici des expériences concluantes. M. Graff, nous l'avons déjà dit, est extrêmement satisfait du système et le met sans hésiter au-dessus des autres. L'avenir dira ce qu'il faut penser à cet égard.

Chaudières. On a construit pour ces nouvelles machines trois chaudières jumelles *à tombeau*. Les six corps principaux ont 1^{m},37 de diamètre et 9^{m},15 de longueur; les deux bouilleurs qui sont au-dessous de chacun d'eux ont 0^{m},70 de diamètre et 6^{m},71 de longueur. Suivant M. Graff, ces chaudières exigeraient moins de surveillance que les chaudières tubulaires; elles seraient d'un nettoyage et d'un entretien plus faciles, avantage important avec un service continu de jour et de nuit. Mais elles consomment plus de charbon.

L'usine de Belmont refoule l'eau par une conduite de 0m,76 de diamètre et 1.271 mètres de longueur à une hauteur de 63m,44 au-dessus de la crête du barrage de Fairmount. Réservoir de George's Hill.

Le réservoir de George's Hill se construit, comme la plupart de ceux que nous avons mentionnés jusqu'ici, partie en déblai et partie en remblai. On s'arrange, en général, pour n'enlever que le déblai qu'on peut utiliser en remblai. Mais ici on a rencontré beaucoup de rocher dont l'enlèvement est d'autant plus onéreux qu'on n'en aura pas l'emploi. On fait un revêtement de 0m,40 en argile sur une grande partie du fond, en le recouvrant de briques. On se préoccupe beaucoup des filtrations qui peuvent se produire à travers des bancs disloqués dont la stratification est presque verticale. — La digue intermédiaire sera recouverte de 0m,90 d'eau. La profondeur d'eau sera de 8m,23, et la contenance du bassin de 43 millions de gallons (162.755 mètres cubes).

D. — TRAVERSÉE DES VALLÉES DU WISSAHICKON ET DU SCHUYLKILL.

On s'occupait d'agrandir l'usine de Roxborough, qui est la plus éloignée de toutes vers l'amont du Schuylkill, à l'extrémité nord-ouest de Philadelphie. On était à la veille de supprimer l'usine de Germantown, qui ne puisait dans un étang spécial que des eaux insuffisantes en été pour l'alimentation du quartier le plus septentrional de la ville. Enfin on se préoccupait de mettre l'usine de la Delaware en état de satisfaire à des besoins toujours croissants.

La décision prise de supprimer l'usine de Germantown a donné lieu à l'établissement de deux conduites maîtresses dans des conditions assez originales. D'une part, le réservoir de Roxborough doit alimenter désormais Germantown; d'autre part, les quartiers hauts de l'isthme, les 20e et 28e arrondissements, doivent être alimentés désormais par le réservoir de Belmont. Pour aller d'une colline à l'autre, les conduites avaient à franchir, dans le premier cas, le Wissahickon, affluent du Schuylkill; dans le second cas, le Schuylkill lui-même. Les travaux entrepris dans ce but se sont terminés en 1870; nous allons dire en quoi ils consistent.

Le réservoir de Roxborough est établi à une hauteur telle que les conduites se brisent fréquemment dans la région du *bas service*, inconvénient auquel on doit Traversée du Wissahickon

remédier par la création d'un réservoir inférieur. Mais, par rapport au réservoir de Mount-Airy, où doivent se rendre les eaux destinées à l'alimentation de Germantown, on ne dispose que d'une pente très-faible. M. Graff résolut de les faire écouler par deux files de tuyaux à brides, roidies et soutenues en l'air par deux chaînes. Ce système avait si bien réussi pour la conduite de Fairmount, qui franchit un espace de 24 mètres, qu'on crut pouvoir doubler cette distance, en profitant de ce qu'il était possible d'augmenter la flèche des chaînes.

Les deux conduites sont à $4^m,27$ de distance d'axe en axe. Les tuyaux ont $0^m,50$ de diamètre et $3^m,90$ de longueur. Ils sont supportés, presque à l'aplomb des joints, par des montants rigides, des colonnettes du Phœnix de $0^m,15$ de diamètre dont la hauteur va en croissant depuis l'extrémité de la travée jusqu'au centre, où elle atteint $4^m,88$. Par le pied de tous ces montants passe une chaîne articulée qui va, comme à Fairmount, s'attacher à de fortes saillies venues de fonte sur les tuyaux extrêmes. (Chacune des quatre barres de fer qui constituent cette chaîne a une section de $0^m,13$ sur $0^m,05$.) Qu'on ajoute des tirants et des contre-tirants dans les panneaux formés par la conduite, la chaîne et les montants : on aura une poutre ou ferme constituée suivant les principes modernes que nous avons fait connaître en parlant des ponts. Qu'on ajoute encore, dans la section transversale, de petites traverses horizontales rigides, à la tête et au pied de chaque montant, puis quelques tringles en diagonale : on aura un véritable pont, plus solide qu'il n'aurait besoin de l'être pour se porter lui-même. Le seul effort qui se produise dans la conduite, et qui augmente en allant des extrémités vers le centre, presse plus fortement l'une contre l'autre les deux brides de chaque joint.

Ce pont-aqueduc d'un nouveau genre comprend quatre travées qui ont $50^m,55$ d'ouverture franche et sont séparées par des piles de $2^m,13$ sur $4^m,27$. Ces piles ont respectivement des hauteurs de $14^m,64$, — $29^m,73$ et $23^m,79$. Elles sont formées d'un socle en maçonnerie et de quatre colonnes d'angle (de $0^m,21$ de diamètre) en tôles du Phœnix, reliées par des cadres horizontaux et des croisillons verticaux. Chaque pile porte une tablette de couronnement sur laquelle les deux tuyaux extrêmes s'appuient par un coussinet venu de fonte avec eux. Ces deux tuyaux ne se joignent pas : ils sont réunis par un tuyau de même diamètre

et sans saillies extérieures, qui pénètre dans leurs extrémités élargies et garnies d'étoupes; un glissement s'opère en raison de la dilatation ou de la contraction des conduites.

Traversée du Schuylkill.

On avait d'abord pensé à franchir le Schuylkill de la même façon; mais on préféra recourir à une conduite immergée au fond de la rivière. L'originalité de la solution consiste ici en ce que les joints de la conduite sont flexibles et s'adaptent d'eux-mêmes aux inégalités du sol naturel.

Dans ce système, inventé par M. John F. Ward (de Jersey-City), les joints sont à emboîtement; mais la portion évasée du tuyau femelle est creusée en forme de segment sphérique, et l'autre tuyau porte à son extrémité deux nervures saillantes qu'une rainure sépare. Le plomb que l'on coule se fixe au bout mâle en se moulant à l'extérieur suivant une surface lisse; c'est un genou qui permet à l'emboîtement de jouer. — On coule le plomb à bord du bateau ou du radeau qui porte les tuyaux. Si ces tuyaux sont courts et l'eau peu profonde, on immerge à mesure cette sorte de chaîne articulée au moyen d'un petit châssis fixé à l'arrière du bateau; dans le cas contraire, on descend la conduite à l'aide d'appareils plus compliqués.

La conduite immergée dans le Schuylkill a $0^m,91$ de diamètre et 294 mètres de longueur totale. La profondeur maximum de l'eau sur le parcours est de $7^m,62$. Sur chacune des deux rives on a creusé un chenal d'accès.

Dans le courant de la même année 1870, M. Ward a posé pour le service des eaux de New-York, à travers la rivière de Harlem, entre l'île de Manhattan et l'île Ward, une conduite de $0^m,20$ de diamètre et 260 mètres de développement. Les tuyaux ont $2^m,44$ de longueur et la rivière présente jusqu'à 12 mètres de profondeur. Une conduite de $0^m,90$ de diamètre avait été précédemment posée sur le fond de la rivière Hackensack pour la distribution d'eau de Jersey-City. On en cite d'autres posées dans la Delaware à Easton, dans la Rivière de l'Est près de l'arsenal de Brooklyn, dans la rivière de Harlem en face de l'île de Randall (près du pont qui fait suite à la 3e avenue), enfin à Oswego (État de New-York) et à Charlestown (près de Boston).

E. — VOLUME D'EAU DISTRIBUÉ ET PRIX DE REVIENT.

La quantité d'eau distribuée à Philadelphie en 1870 a été exceptionnellement considérable. Le cube journalier a atteint en moyenne 140.000 mètres cubes. Pour le mois de juillet, la moyenne journalière a été de 174.000 mètres cubes. C'est le moment où nous étions à Philadelphie. Le 20 juillet, le volume d'eau distribué atteignit 208.175 mètres cubes. En ne comptant que 174.000 mètres cubes, c'est une consommation de 316 litres par habitant.

Le développement total des conduites est de 786 kilomètres.

Les dépenses faites en 1870 pour l'entretien ou l'amélioration de la distribution d'eau ont été de. . . . . 5.570.000 francs.

Les recettes se sont élevées à. 4.677.000

Et les dépenses d'exploitation (y compris les travaux de simple entretien) à. 2.243.000

Ce qui donne pour le bénéfice de l'année. . . . . 2.434.000 francs.

Le prix de revient actuel, par 1.000 mètres cubes d'eau élevés à 1 mètre de hauteur, varie ainsi qu'il suit d'une usine à l'autre :

Usine hydraulique de Fairmount..		0f,063
Usines à vapeur.	Belmont (deux machines de Worthington).	0 ,382
	Schuylkill (deux machines de Cornouailles et une machine rotative à basse pression).	0 ,490
	Roxborough (deux machines de Cornouailles)..	0 ,571
	Delaware (deux machines rotatives, l'une à haute et l'autre à basse pression)..	0 ,895
	Germantown (deux machines rotatives à haute pression). .	1 ,183

C'est l'administration municipale qui a établi sa distribution d'eau; c'est elle qui l'entretient et l'exploite depuis le 1er janvier 1801.

V. — CHICAGO.

La ville de Chicago, dont l'existence date de 1833, ne comptait encore en 1840 que 4.500 habitants. Elle n'était alimentée alors que par des puits, des citernes ou de l'eau amenée du lac Michigan par voitures.

Une compagnie particulière établit une première distribution d'eau qui se résumait ainsi qu'il suit : 1° une conduite de 213 mètres de longueur, partant d'un caisson immergé dans le lac, et amenant l'eau dans un puits de $4^m,57$ de profondeur ; 2° des pompes établies, pour élever cette eau, à l'extrémité de la rue du Lac ; 3° des tuyaux de bois ayant pour la plupart de $0^m,05$ à $0^m,08$ de diamètre, sans qu'aucun d'eux eût plus de $0^m,15$; leur développement atteignit plusieurs milles. — Tout cela a disparu. Compagnie particulière.

En 1851, la population ayant atteint le chiffre de 35.000 habitants, la Ville obtint de l'État dont elle fait partie de créer elle-même une distribution d'eau, et elle construisit à l'extrémité de l'Avenue de Chicago des pompes élévatoires qui commencèrent à fonctionner en février 1854. On établit en même temps un réservoir de 2.000 mètres cubes et 14 kilomètres de conduites en fonte. La population avait doublé en trois ans. L'usine comprenait deux machines à vapeur. On y avait annexé une « tour d'eau » carrée, de $4^m,27$ à la base et $3^m,35$ au sommet, divisée par un mur en deux parties dont l'une servait à l'évacuation de la fumée, tandis que l'autre contenait un tuyau (*stand pipe*) en fonte. Cette tour, qui était simplement fondée sur une couche de sable de $1^m,80$ d'épaisseur, tassa d'un côté au point de présenter un surplomb de $0^m,36$; on la redressa. Ancienne usine municipale.

La conduite de $0^m,30$, qui alimentait le puisard, avait son origine dans le lac près de la rive, à quelques pouces au-dessous de l'eau. On la trouvait fréquemment obstruée par le sable qu'amène du nord le courant littoral du lac, par des branches d'arbres, des feuilles, des amas d'insectes, de petits poissons ou de glaçons. Pour protéger cette prise d'eau, on construisit en 1855 une digue d'enceinte qui existe encore aujourd'hui et on approfondit à la drague l'enclos ainsi constitué. Une passe permet d'y pénétrer du large en bateau.

En 1856-57, l'une des deux machines à vapeur fut remplacée par une autre plus puissante qui existe encore aujourd'hui.

En 1863, la consommation d'eau journalière atteignant 25.000 mètres cubes et s'élevant quelquefois plus haut, on prit les dispositions nécessaires pour augmenter la force motrice dans de larges proportions. On établit au nord de l'usine un nouveau puisard et une nouvelle machine. En même temps, pour remédier à l'obstruction de la conduite d'amenée et à l'infection croissante de l'eau Améliorations récentes.

dans laquelle se déversaient les égouts de la ville, on résolut de porter la prise d'eau à 2 milles au large. Le puisard et la galerie souterraine du lac ayant été construits dans des conditions assez originales, nous décrirons brièvement ces deux ouvrages.

A. Nouveau puisard et fondation de la machine du Nord.

On voulait avoir un puits de 7 à 8 mètres de profondeur en contre-bas du sol, creusé dans un terrain de sable très-mobile pour la plus grande partie, et pénétrant dans une argile compacte. Ce puits devait être assez grand pour qu'on pût asseoir au fond, sur l'argile, le massif de fondation de la nouvelle machine. On commença par construire à la surface du sol l'anneau en maçonnerie qui devait maintenir les terres ; puis on le fit enfoncer en fouillant le sol à l'intérieur.

Cette espèce de tour avait $9^m,47$ de diamètre intérieur et $6^m,40$ de hauteur. Cônique à l'extérieur, elle a $0^m,76$ d'épaisseur en haut et $0^m,84$ en bas. Elle est formée de briques et enduite de ciment sur les deux faces. Elle porte un chapeau annulaire en chêne de $0^m,14$ d'épaisseur et une semelle de fonte disposée de manière à constituer un *bord coupant* de $0^m,76$ de hauteur. Elle est maintenue par des cercles de fer espacés verticalement de $0^m,90$ et traversée dans le sens de sa hauteur par 32 tiges de fer de $0^m,037$ de diamètre ; ces tiges, espacées de 1 mètre environ, sont serrées par des écrous sur le chapeau et sous la semelle. Le poids de la tour dépassait 500 tonnes. Elle fut prête à descendre le 23 juin 1866.

On devait arriver à $6^m,10$ en contre-bas des eaux du lac. Craignant que si l'on épuisait d'abord pour attaquer le sable à sec, on ne provoquât à l'extérieur des excavations compromettantes pour la fondation très-voisine de l'usine existante, on résolut de draguer sans épuiser jusqu'à ce qu'on eût atteint la couche d'argile. A cet effet, on installa sur le couronnement du tambour en maçonnerie un châssis mobile autour de son axe et portant sur deux rails une drague à chapelet incliné qui pouvait se mouvoir d'une extrémité à l'autre du diamètre. La drague atteignait ainsi à tous les points du fond jusqu'à $1^m,83$ en contre-bas de la base du tambour. — L'opération du fonçage commença le 2 juillet. Le sable était sec sur $1^m,20$ de profondeur : le premier jour, le tambour s'enfonça de $0^m,34$; le sixième jour, on atteignit l'eau. On eut encore à traverser $3^m,37$ de sable, dans lequel l'enfoncement journalier ne fut parfois que de $0^m,08$. Dès que le patin de

fonte eut pénétré de son bord tranchant dans la belle argile bleue, l'eau cessa d'arriver par-dessous. On épuisa alors et on continua la fouille à sec. Le fonçage se termina sans accident le 28 mars 1867.

Comme fondation de la machine, on établit sur l'argile un double plancher en madriers de chêne de $0^m,08$ d'épaisseur. On posa par-dessus des pièces de sapin de $0^m,25$ d'équarrissage, à $0^m,38$ d'intervalle les unes des autres, et on remplit les vides de béton. Un nouveau plancher de $0^m,08$ fut appliqué par-dessus. On éleva sur cette base deux massifs de maçonnerie entre lesquels on fit déboucher un aqueduc circulaire en briques de $1^m,37$ de diamètre, venant d'un regard qui communique avec le lac. — La nouvelle machine fut mise en service le 30 juillet 1867.

Une « tour d'eau » construite en même temps s'élève à $46^m,97$ au-dessus du sol. Elle contient un tuyau en tôle de $0^m,91$, autour duquel monte un escalier en fer. Au mois d'août 1870, la colonne d'eau s'élevait à 32 mètres seulement de hauteur.

B. Tunnel du lac. — Idée générale de l'ouvrage.

On s'occupait en même temps, de 1864 à 1867, de l'amélioration capitale qui consistait à reporter la prise d'eau assez loin du bord du lac pour qu'on n'eût plus à redouter le contact des eaux déversées par les égouts. On fixa la nouvelle prise d'eau à 2 milles exactement de distance de la rive (3.220 mètres).

Ce qu'on appelle le *Tunnel du Lac* est une galerie de cette longueur, à peu près horizontale, creusée à 23 mètres en contre-bas de la surface des eaux, à 12 mètres (au minimum) en contre-bas du fond du lac, et communiquant à ses deux extrémités avec des puits verticaux. Le puits du large présente trois ouvertures latérales, qu'on peut fermer par des vannes, et dont l'une est placée près de la surface de l'eau, une autre près du fond, la troisième à un niveau intermédiaire : l'eau qui pénètre dans le puits par ces ouvertures emplit la galerie horizontale et s'élève dans le puits de la rive au même niveau que dans le lac. De ce second puits par une autre galerie, établie à 6 mètres seulement en contre-bas de la surface, et amenant l'eau dans un vaste regard, divisé en compartiments étanches, d'où rayonnent des conduites qui alimentent les puisards des diverses machines.

Nous allons entrer successivement dans quelques détails sur le puits de la rive, sur le tunnel et sur le puits du large. Ces puits, nécessaires au fonctionne-

ment de la prise d'eau, l'étaient aussi pour l'exécution du tunnel. On avait même cru d'abord qu'il faudrait ouvrir deux ou trois autres puits intermédiaires qu'on refermerait ensuite; mais on put s'en passer.

1° Puits de la rive.

Le puits de la rive consiste essentiellement en un tambour ou anneau en maçonnerie, tandis que celui du large est un cylindre de fonte. Toutefois, craignant qu'un tambour de 25 mètres de hauteur, construit à la surface du sol comme celui du puisard dont il a été précédemment question, ne s'enfonçât pas bien à travers une couche d'argile compacte de 15 à 18 mètres d'épaisseur, on recourut à une sous-fondation tubulaire sur 30 pieds ($9^m,15$) de hauteur. On commença les travaux le 17 mars 1864.

Les trois anneaux de fonte superposés ont $2^m,75$ de diamètre intérieur et $0^m,037$ d'épaisseur. Celui du haut avait son rebord intérieur disposé pour recevoir au besoin une écluse à air; mais on n'en eut pas besoin. L'anneau de maçonnerie qu'on éleva par-dessus a $2^m,44$ de diamètre intérieur et $0^m,30$ d'épaisseur.

Au fond de ce puits on pratiqua un puisard descendant à $1^m,83$ de profondeur en contre-bas du fond du tunnel, dont les eaux de filtration vinrent s'y amasser. Ces eaux provenaient d'une source qui demeura constante pendant la durée de l'exécution des travaux; on eut ordinairement à vider le puisard deux fois par jour.

2° Galerie sous l'eau. — Section transversale.

Le tunnel a une pente totale de $1^m,12$, soit $0^m,35$ par kilomètre. La section est à peu près circulaire : on a donné seulement $0^m,08$ de plus en hauteur qu'en largeur ($1^m,60$ au lieu de $1^m,52$) pour faciliter le déplacement du cintre. Cette section avait été fixée par deux considérations. — La première, c'est qu'elle peut suffire à l'alimentation d'un million d'habitants consommant en moyenne 50 gallons (189 litres) par jour. La seconde, c'est que l'expérience a démontré en Europe combien il est proportionnellement plus facile de construire un petit tunnel qu'un grand. [Sur ce point, les documents officiels de l'administration municipale renvoient au *Cours de construction des canaux*, de M. Minard, p. 284 et 285.]

La maçonnerie du tunnel consiste en un rouleau de briques composé de deux rangs de $0^m,10$ d'épaisseur avec joints en ciment de $0^m,012$. La voûte su-

périeure fut construite sur un cintre en tôle de 0m,76 de longueur, garni de nervures et ne réduisant que de 0m,11 la hauteur du passage. On posait ordinairement la maçonnerie sur 0m,60 de longueur à la fois et on décintrait un quart d'heure après que la voûte était clavée. La voûte inférieure se construisait au moyen de gabarits, à la façon des égouts. Elle était ordinairement en avance de 1m,80 sur la voûte supérieure et en retard de 5 à 6 mètres sur l'abatage; on assurait ainsi la facilité du chargement des déblais en wagons.

Le tunnel a été généralement creusé dans l'argile bleue compacte. Cependant il fallait souvent qu'on étrésillonnât quand le terrain naturel devait rester abandonné à lui-même pendant plus de 36 heures. On rencontra parfois des poches de sable rempli d'eau ou des blocs isolés, mais sans qu'il en résultât d'embarras sérieux. La difficulté la plus grave que l'on eut à combattre, et à laquelle on n'avait pas songé, ce fut l'existence de gaz inflammables et explosifs. Les mineurs apprirent à reconnaître au bruit, en frappant sur le terrain, le voisinage des cavités contenant du gaz; quand on en découvrait une, on y perçait un trou de petit diamètre et on enflammait le gaz à sa sortie. On prévenait ainsi les explosions qui avaient lieu quand de grandes masses de gaz pouvaient se mêler soudainement à l'air. Dans ce dernier cas, les mineurs se jetaient la face contre terre et en étaient quittes ordinairement pour des brûlures à la barbe et aux sourcils avec des ampoules à la figure. Une seule fois il arriva qu'un mineur fut dangereusement blessé; le gaz empêcha pendant trois jours les mineurs de retourner dans le tunnel. Gaz inflammables.

Deux équipes de mineurs et une de maçons travaillaient huit heures par jour et six jours par semaine. La plus grande longueur qu'on fit en une semaine fut de 28 mètres. On ne rencontra qu'un bloc dont les dimensions exigeassent l'emploi de la poudre; on n'était pas sans se préoccuper de l'effet d'une explosion sous le lac; mais elle ne produisit aucune perturbation dans le terrain naturel ni dans la maçonnerie.

On aérait au moyen d'un ventilateur et de tuyaux en fer-blanc. On avait quelque peine à tenir étanches les joints de ces tuyaux, surtout dans le voisinage des élargissements pratiqués pour le croisement des wagons, parce que les mulets heurtaient ces tuyaux avec leurs têtes. Cependant à un mille et demi Aérage.

(2.400 mètres) de distance du puits de la rive, on trouvait encore un air très-respirable. On était plus sérieusement gêné par la fumée des lampes et la vapeur provenant de la transpiration des ouvriers ; souvent on ne distinguait pas les lignes de repère tracées pour maintenir le tunnel en ligne droite ; mais le soir des dimanches et autres jours fériés, les chandelles de blanc de baleine brûlaient d'une belle lumière argentée qui s'apercevait quelquefois à 600 mètres de distance.

Éclairage.

Après l'établissement du puits du large, dont nous parlerons tout à l'heure, on partit aussi de là pour travailler à la galerie en marchant vers la rive. On fit en moyenne $2^m,85$ par jour et l'on avança ainsi sur une longueur totale de 698 mètres. Quand la galerie construite à partir de la rive fut arrivée à 30 mètres de ce point, on crut devoir arrêter la maçonnerie et ne pratiquer d'abord, dans la direction de l'est, qu'une petite galerie boisée, suffisante pour voir comment se ferait la jonction des deux alignements. Elle eut lieu le 30 novembre 1866, et l'on trouva que l'écart des deux axes n'était que de $0^m,19$. Le 6 décembre, la maçonnerie était terminée et le Conseil municipal de Chicago traversa le tunnel d'une extrémité à l'autre. L'eau y fut introduite pour la première fois le 8 mars 1867 ; on ne remplit d'abord que la galerie horizontale, mais trois jours après on laissa l'eau du lac monter librement dans les deux puits. On voulut alors vérifier s'il n'existait pas de malfaçons dans les parties de la voûte où des chambres de garage avaient existé durant l'exécution des travaux ; on ferma les orifices du puits du lac et on épuisa sur une hauteur suffisante pour que l'ingénieur en chef (M. Chesbrough) et trois représentants de la presse locale pussent aller en bateau jusqu'à plus de moitié de la longueur du tunnel. L'excursion devenant trop pénible, ils rétrogradèrent ; mais le bateau chavira, et ceux qui le montaient se trouvèrent dans l'eau, au milieu d'une obscurité complète, à près de 200 mètres du puits de rive, qu'ils regagnèrent comme ils purent. Si l'accident eût eu lieu à un mille de distance, il aurait pu avoir des suites fatales, car l'eau était trop froide pour qu'on pût la supporter longtemps.

Mise en eau.

On eut occasion de faire, durant l'exécution des travaux, diverses observations sur la distance à laquelle le son peut être perçu à travers l'eau ou l'argile.

Transmission du son.

Par exemple, quand les deux galeries étaient à 250 mètres de distance, on entendait très-distinctement des coups de marteau frappés sur une pierre ou sur un morceau de fer enfoncé dans l'argile. Le son traversait-il réellement 250 mètres d'argile, ou bien remontait-il d'abord à travers 9 mètres d'argile pour passer par 250 mètres d'eau et redescendre par 9 mètres d'argile? Cette seconde explication est, suivant M. Chesbrough, la plus plausible.

3° Puits du lac.

Revenons maintenant un peu en arrière pour parler du puits établi au large en vue de concourir à l'exécution du tunnel et de constituer ensuite l'origine de la prise d'eau.

Crèches d'enceinte.

On commença par établir, à l'emplacement du puits, un *crib-work* pentagonal présentant au centre un vide de même forme. Le crib-work est, comme nous l'avons expliqué, un coffre rempli d'enrochements. Celui-ci avait 17^{m},69 de longueur sur les côtés extérieurs, 6^{m},70 sur les côtés intérieurs et 7^{m},62 d'épaisseur. La profondeur d'eau était de 10^{m},67 en cet endroit, et l'argile du sol naturel n'y était pas recouverte de sable. On donna au crib une hauteur de 40 pieds (12^{m},20). On en avait construit la charpente sur le bord du lac, on la lança à l'eau, on l'amena en place et on l'échoua, après quoi on la garnit d'enrochements. — Les murailles d'enceinte étaient étanches : on en avait calfaté les joints. Mais on avait ménagé dans trois des côtés, à des niveaux différents, un conduit rectangulaire (de 1^{m},22 sur 1^{m},52) qu'on pouvait fermer du haut par une vanne, grâce à des cheminées carrées de 1^{m},22 d'ouverture.

Fonçage du cylindre.

Le vide pentagonal réservé à l'intérieur de cette enceinte offrait plus de surface qu'il n'en fallait pour y loger un cylindre de fonte de 9 pieds (2^{m},75) de diamètre intérieur. Ce cylindre fut placé, non dans l'axe, mais sur le côté. On descendit d'abord 5 tronçons de 9 pieds de hauteur, reliés ensemble, et qu'un fond provisoire en bois rendait flottants jusqu'à une profondeur de 30 pieds (9^{m},75). Quand l'immersion fut achevée, la colonne s'enfonça par son poids de 2 ou 3 pieds dans le fond d'argile. Un trou pratiqué alors dans le faux-fond provoqua un nouvel abaissement de plusieurs pieds. On superposa un 6e tronçon, on enleva le fond, on déblaya à l'intérieur, et on plaça le 7e et dernier tronçon. Une légère pression suffit alors pour faire descendre le cylindre à 23 pieds (7 mètres) en contre-bas du fond du lac. On acheva l'enfoncement comme pour le puits de

rive, sans qu'il y eût lieu de recourir aux pompes. — Deux orifices pratiqués vers le haut du cylindre, et que des vannes commandent, permettent de le mettre en communication avec l'espace vide qui le sépare de l'enceinte.

Superstructure.

On a construit au-dessus de ce puits du lac un logement de gardien surmonté d'un petit phare et d'une cloche qu'on sonne en temps de brouillard. Nous l'avons été visiter avec M. Chesbrough et le général Mac-Arthur, président de la Commission municipale des Travaux publics.

Dépense.

Le tunnel du lac et les ouvrages accessoires ont coûté environ 2.300.000 francs. On pourra trouver sur ce point et sur bien d'autres, dans les documents-annexes, des détails auxquels nous ne pouvons nous arrêter ici.

On exécutait, en 1870, à Cleveland un tunnel semblable à celui de Chicago et qui doit aller prendre dans le lac Érié, à 2.013 mètres de la rive, l'eau destinée à l'alimentation de la ville. Il y aura, là encore, un puits de rive et un autre creusé à l'extrémité du tunnel. Le premier a une profondeur de 23^{m},79, y compris un approfondissement de 0^{m},90 en contre-bas de la galerie. La dépense totale était estimée un million de francs.

État actuel de la distribution d'eau

La nouvelle prise d'eau de Chicago est entrée officiellement en service le 25 mars 1867. Elle n'a subi depuis lors que trois interruptions de quelques heures, occasionnées par la glace, et dont on croit pouvoir prévenir désormais le retour.

Au mois d'août 1870, il y avait pour élever les eaux quatre machines à vapeur du système dit à pilon. Dans le bâtiment qui les contient on a réservé la place nécessaire pour en mettre encore une ou deux autres. Trois machines marchaient lors de notre visite. Elles élevaient par jour environ 25 millions de gallons (95.000 mètres cubes).

VI. — MONTRÉAL.

Une rigole de 8 kilomètres à ciel ouvert amène à Montréal des eaux prises dans le Saint-Laurent en amont des rapides de la Chine. On se procure ainsi une chute de 22 pieds (6^{m},70) environ, qu'on emploie à faire monter l'eau à 165 pieds (51 mètres) de hauteur, dans un réservoir construit au sommet du

mont Royal. C'est de là que partent les tuyaux de distribution de la ville. Il y a 3 roues de 20 pieds de diamètre et 20 pieds de largeur ($6^m,10$) faisant mouvoir des pompes à piston plongeur et pouvant élever chacune 3 millions de gallons anglais par 24 heures (soit $4.543^{m.c.} \times 3 = 13.600^{m.c.}$).

Une usine à vapeur concourt avec cette usine hydraulique à l'alimentation de la ville. Le nombre total des maisons approvisionnées à la fin de 1869 était de 13.898. Il y avait 550 bornes-fontaines mises à la disposition du public. La quantité d'eau distribuée journellement en 1869 a été en moyenne de 4.691.957 gallons (21.000 mètres cubes).

On trouvera dans les documents annexes trois rapports annuels que nous devons à l'obligeance de M. Le Sage, « surintendant de l'aqueduc. »

VII. — DIVERSES VILLES DES ÉTATS-UNIS.

Nous réunissons dans le tableau qui suit un certain nombre de renseignements relatifs aux distributions d'eau de vingt villes des États-Unis. Ces renseignements, puisés principalement dans un rapport de M. Silas Seymour sur l'aqueduc du Potomac, ne représentent que d'une façon hétérogène et simplement approximative la situation correspondante à la période de 1859 à 1863. Ils nous ont néanmoins paru offrir quelque intérêt comme termes de comparaison.

VILLES.	POPULATION EN 1860.	DÉPENSES D'ÉTABLISSEMENT FAITES JUSQU'EN 1863.	DÉVELOPPEMENT DES CONDUITES DE DISTRIBUTION.	VOLUME D'EAU JOURNELLEMENT — DISTRIBUÉ EN 1859.	VOLUME D'EAU JOURNELLEMENT — DISTRIBUÉ EN 1861.	VOLUME D'EAU JOURNELLEMENT — DISPONIBLE EN 1863.	CONSOMMATION PAR JOUR ET PAR HABITANT.	PRIX DE REVIENT PAR MÈTRE CUBE DISTRIBUÉ JOURNELLEMENT.	RECETTES EN 1859.	RECETTES EN 1861.
	Habit.	.	Kil.	Mèt. c.	Mèt. c.	Mèt. c.	Lit.	Fr.	Fr.	Fr.
I. — Villes alimentées par des aqueducs de dérivation.										
1. Albany.	62.368	4.609.460	74,8	»	11.355	45.420	182	415	»	»
2. Baltimore.	212.419	17.516.775	218,8	»	30.280	69.785	143	580	»	901.855
3. Boston.	177.481	27.500.000	211,2	»	68.815	75.700	390	400	»	1.735.690
4. Mobile.	29.259	1.500.000	»	946	»	»	32	1.590	167.500	»
5. New-York.	814.287	70.000.000	451,0	»	162.755	»	200	430	»	3.796.250
6. Troy.	59.285	1.580.000	»	5.556	»	»	142	285	118.850	»
II. — Villes alimentées par des roues hydrauliques.										
1. Richmond.	37.910	3.270.000	»	7.570	»	»	205	434	«	160.000
III. — Villes alimentées par des machines a vapeur.										
1. Buffalo.	81.131	2.650.000	»	11.355	»	»	139	235	250.000	»
2. Brooklyn.	266.664	26.500.000	220,0	»	16.824	124.900	63	1.580	»	1.508.595
3. Chicago.	109.263	5.000.000	153,4	»	18.324	»	168	274	»	655.125
4. Cincinnati.	161.044	6.795.000	136,8	»	18.376	»	114	370	»	792.485
5. Cleveland.	36.054	2.630.000	39,3	»	3.337	»	92	760	»	86.875
6. Detroit.	45.619	3.415.000	»	8.107	»	»	178	562	243.895	»
7. Hartford.	29.152	2.135.000	»	2.971	»	5.677	102	720	130.000	»
8. Jersey-City. . . .	29.226	4.250.000	»	7.570	»	22.710	258	563	346.225	»
9. Louisville.	69.740	4.087.285	41,7	»	2.425	15.140	34	1.680	»	62.225
10. La Nouvelle-Orléans.	168.823	7.000.000	»	22.710	»	»	108	310	700.000	»
11. Pittsburg.	100.000	4.500.000	»	15.424	»	»	154	292	345.000	»
12. Saint-Louis. . . .	151.780	9.400.000	»	30.280	»	»	200	310	»	»
IV. — Villes alimentées a la fois par des roues hydrauliques et des machines a vapeur.										
1. Philadelphie. . . .	568.034	15.000.000	542,2	»	78.459	119.492	139	192	»	266.990

CONCLUSIONS SUR LES TRAVAUX MUNICIPAUX.

Pour tout ce qui concerne la construction et l'entretien des chaussées et des trottoirs, l'éclairage et le balayage des rues, leur désignation nominative et le numérotage des maisons, nous n'avons rien à envier aux États-Unis. Les ingénieurs américains sont les premiers à reconnaître la supériorité de la France en cette matière ; ils ne parlent qu'avec admiration des rues et des égouts de Paris, de toutes les dispositions prises en vue de faciliter la circulation publique, d'assainir et d'embellir nos cités.

Nous pourrions toutefois trouver, dans cette supériorité même, un sujet à réflexion. L'impression désagréable que causent tout d'abord les rues de New-York s'atténue quand on remarque qu'en fait il n'y a pas là d'intérêts sérieux en souffrance. Les travaux de luxe sont une nécessité sociale dans les quartiers principaux d'une grande ville ; mais faut-il les étendre à tous les quartiers ? Une fois les grands percements pratiqués ou ménagés en vue de l'avenir, les Américains attendent pour paver, empierrer, bitumer, planter ; ils attendent avant de s'imposer des frais de balayage et d'arrosage permanents ; ils attendent, trop longtemps peut-être, que le besoin s'en fasse réellement sentir. Leurs instincts, si profondément démocratiques qu'ils soient, ne s'offusquent pas de l'inégalité des chaussées. On se sent plus fortement prémuni par cet exemple contre l'erreur économique des embellissements universels.

Revenant au point de vue technique, nous appellerons l'attention sur les pavages en bois qui sont en ce moment l'objet de nouvelles tentatives de perfectionnement. L'absence de bruit et la facilité d'entretien sont deux avantages précieux du système. Le bon marché du bois en Amérique étant compensé par la cherté de la main-d'œuvre, le prix de revient n'y doit pas être très-différent de ce qu'il est en France. Dans un pays comme dans l'autre, il se peut que les pavages en bois n'aient pas dit leur dernier mot.

Le développement des voies de fer à traction de chevaux dans les villes amé-

ricaines dépasse aujourd'hui 6.000 kilomètres. En substituant aux rails creux de larges rails plats à un seul petit rebord saillant, intérieur ou extérieur, on a transformé en un avantage, pour un bon nombre des voitures ordinaires, l'inconvénient que les rails présentaient originairement. Les wagons traînés sur ces rails sont à la fois plus commodes et moins chers que nos omnibus. L'absence de trépidation et de bruit et la réduction des frais d'entretien du pavage ajoutent au mérite du système. Il semblerait que ce moyen de locomotion doublement perfectionné dût être le complément des grandes voies rayonnantes qui relient le centre de Paris à ses extrémités. Reste à savoir si les autres conditions d'une exploitation fructueuse se trouveraient remplies.

Les nombreux ponts-tournants de Chicago, qui ferment deux passages de 20 mètres d'ouverture chacun, si légers de construction et d'une manœuvre si rapide, seraient peut-être à imiter dans plus d'un de nos ports de mer.

Les tunnels sous l'eau répondent à des convenances encore plus rares, plus exceptionnelles. Néanmoins l'initiative prise et l'exemple donné à Chicago sont de nature à convaincre que ces ouvrages ne présentent pas de difficultés d'exécution spéciales; et il y a telles de nos villes qui pourraient se bien trouver de recourir à une solution de ce genre plutôt que de subir la sujétion des ponts-tournants.

Le tunnel de prise d'eau construit sous le lac Michigan jusqu'à 3 kilomètres de la rive, sans puits intermédiaires, et à 23 mètres en contre-bas de la surface de l'eau, est une conception assez originale pour qu'on y puisse voir une indication nouvelle du champ dans lequel se meut l'industrie moderne.

Les grands aqueducs de New-York, de Boston et de Washington n'ont pas pour nous aujourd'hui le même prestige que pour les Américains; ils perdent à être vus après l'aqueduc de la Dhuis, après les réservoirs couverts et à double étage de Paris. Mais l'histoire n'oubliera pas que le siphon de Manhattan, avec sa flèche de 32 mètres, et le réservoir en maçonnerie dessiné d'une main si sûre par M. Jervis pour prendre place en bordure sur la 5e avenue ont été construits de 1838 à 1842. L'histoire n'oubliera pas non plus la transformation de profil transversal inaugurée pour les grands aqueducs à Boston en 1846 et à Washington en 1853.

Une expérience de douze années a sanctionné l'idée hardie que le général Meigs conçut et réalisa pour la traversée du College-Brauch et du Rock-Creek. On a vu que l'aqueduc du Potomac franchit le Rock-Creek en deux conduites forcées, deux files curvilignes de tuyaux à brides, qui ont 1^{m},22 de diamètre intérieur et 61 mètres de portée entre les deux culées sur lesquelles reposent les extrémités de l'arc. Ces tuyaux, qui se soutiennent eux-mêmes, portent un tablier sur lequel passe la grande rue de Washington à Georgetown. Les Américains ont substitué ainsi les *aqueducs-ponts* aux *ponts-aqueducs*. Le pont de Rock-Creek est analogue de dimensions et d'aspect à l'une des arches de notre pont du Carrousel.

Une idée non pas plus originale, mais plus pratique encore, c'est celle de M. Graff qui, à Philadelphie, laisse les files de tuyaux en ligne droite, mais les soutient par deux chaînes articulées en fer, ces chaînes s'attachant par leurs extrémités à des saillies venues de fonte sur les tuyaux extrêmes. C'est une application nouvelle du principe des ponts métalliques modernes des États-Unis. La conduite de Fairmount, posée en 1868, a 0^{m},91 de diamètre et franchit un espace de 24 mètres. La double conduite du Wissahickon, terminée au printemps de 1870, a quatre travées de 51 mètres d'ouverture. De légers supports en métal suffisent pour maintenir à 30 mètres de hauteur ces conduites que rien n'ébranle. Ce type nous paraît pouvoir être avantageusement substitué à des ponts-aqueducs en maçonnerie d'une grande hauteur, quand le manque de charge ne permet pas de recourir à des siphons. Il pourrait être aussi fort utile dans la traversée de terrains rebelles aux fondations, des marais par exemple.

Si des aqueducs d'amenée nous passons aux machines élévatoires, trois points encore nous paraissent devoir être signalés, savoir : la porte à rabattement construite pour faciliter la mise à sec des turbines, — l'abaissement du grand balancier des machines à vapeur de Cornouailles, — et surtout les pompes à vapeur de Worthington. Ce sont là des nouveautés dont nous n'avons pas la prétention de juger ici le mérite, mais que nous croyons dignes d'une sérieuse attention.

Nous rappellerons encore ces fonçages de puits qu'a exigés la distribution d'eau de Chicago. L'enfoncement d'un tambour en maçonnerie de 9^{m},47 de diamètre intérieur, 6^{m},40 de hauteur et 0^{m},80 d'épaisseur est un fait assez caracté-

ristique de l'aisance avec laquelle ce genre de travaux se traite aujourd'hui. Il y a là un procédé susceptible de nombreuses et importantes applications.

Nous rappellerons enfin les conduites d'eau à joints flexibles, telles que celle qu'on a posée dans le Schuylkill à Philadelphie en 1870. Bien que les siphons immergés au fond des rivières doivent être, autant que possible, calés sur une fondation rigide et unie, comme notre siphon de l'Alma, on peut être conduit par économie à se contenter d'un fond tel quel et inégal : les conduites de MM. Ward et Craven en fournissent le moyen.

Ces conduites à joints flexibles ramènent involontairement notre pensée vers les wagons à cheville ouvrière et vers les grandes poutres dont les liens jouent librement à l'entour de leurs charnières d'acier. Quel sentiment profond et juste de la mécanique pratique dans cette idée commune des systèmes articulés! qu'il y a loin de là au timide et commode principe de la rigidité absolue !

CHAPITRE VI

OBJETS DIVERS

§ 1. — APPAREILS DE TRANSBORDEMENT ET DE BARDAGE.

Les frais dont la marchandise est grevée quand elle passe des mains du producteur à celles du consommateur ne comprennent pas seulement le prix des transports qui s'effectuent par les routes, les chemins de fer ou les voies navigables, transports auxquels le véhicule participe avec les produits dont il est chargé. Il faut y ajouter la dépense de certaines opérations qui, pour être accessoires en principe, n'en influent pas moins sur le prix de revient, et d'autant plus que l'amélioration des grandes voies de communication rend l'usage de celles-ci plus économique. Nous voulons parler du chargement, du déchargement et du transbordement des marchandises.

Ces opérations nous ont paru s'effectuer aux États-Unis avec une économie notable de temps, d'espace et d'argent. A quoi cette supériorité tiendrait-elle donc? Tantôt à la simplicité judicieuse des dispositions prises et à la suppression des fausses manœuvres; tantôt à l'ingénieuse originalité d'engins spéciaux que les Américains savent inventer quand le besoin s'en fait réellement sentir.

Nous n'entreprendrons pas de traiter cette matière à fond; nous ne ferons que l'effleurer comme la plupart des autres, en groupant, dans un cadre fort incomplétement rempli, quelques observations faites en courant.

Il y a lieu de distinguer deux grandes catégories de marchandises : celles qui s'expédient en caisses ou en balles, et les marchandises encombrantes, telles que les charbons, les grains, les pierres de taille, etc.

PREMIÈRE CATÉGORIE. — COLIS OU MARCHANDISES EMBALLÉES.

Nous passerons successivement en revue les navires, les bateaux de rivière, les wagons et les camions du roulage. Puis nous parlerons des appareils qui servent à distribuer les marchandises aux divers étages des maisons de commerce.

I.

Navires. Le grand développement des quais, dans les ports américains, permet de décharger directement les marchandises sous des hangars particuliers où elles peuvent, à l'abri des intempéries de l'air et des voleurs, séjourner momentanément. Il n'y a là rien qui rappelle les superbes magasins généraux dont les bassins de Londres sont entourés et les grands appareils mécaniques qui servent à manipuler indistinctement toute espèce de marchandises. L'Américain aime mieux être chez lui, faire ses affaires lui-même et y appliquer les procédés qu'il juge le plus exactement adaptés à ses convenances spéciales.

Entre ces quais et le pont principal du navire la communication s'établit au moyen de plusieurs plans inclinés, de glissières appuyées du haut sur le pont et pénétrant sous le hangar par de grandes ouvertures dont les portes sont à coulisses.

Pour le déchargement, il faut d'abord extraire les colis de la cale. Le navire est pourvu de poulies à cet effet. S'il est à vapeur et en pression, comme *le Pereire* à notre arrivée à New-York, un « petit cheval » fournit la force motrice nécessaire. Si c'est un navire à voiles ou un steamer dont la machine n'est pas encore en feu, — comme était *la Ville-de-Paris* au mois d'Octobre, tandis qu'on y embarquait des caisses d'armes qui n'arrivaient que tardivement et successivement, — on emploie, au lieu de la vapeur, deux chevaux qui vont et viennent, suivant une piste tracée dans l'intérieur du hangar, en tirant une corde dont

le mouvement se transmet par des poulies à bord du paquebot. Ce sont là d'ailleurs des procédés connus en France.

Les glissières sont en bois et ordinairement garnies de bandes de tôle. On leur donne une inclinaison telle que les colis descendent par leur propre poids. Arrivés au bas, ils continuent à glisser sur deux madriers où leur vitesse s'amortit. On emploie dans le même but, pour certains colis, une corde que deux hommes tiennent tendue transversalement au bas de la glissière, contre les deux rebords verticaux qui l'encaissent.

Les colis sont ainsi traités un peu rudement, mais pas plus (à ce qu'il semble) que leur nature ne le comporte ; et le débarquement s'opère beaucoup plus vite à New-York qu'à Brest.

Les colis de voyageurs, qu'on éloigne de la glissière en les soulevant par un bout et les faisant simplement glisser, sont visités sur le sol même par les agents de la douane ; on ne les enlève de terre que pour les conduire, sur un chariot à bras, à la voiture qui doit les emporter.

Pour le chargement du navire, les colis remontent la glissière tirés par une corde que commande l'un ou l'autre des deux moteurs indiqués ci-dessus.

Nous avons dit déjà que, des différents ponts dont les bateaux de rivière ou steamboats sont pourvus, celui qui est placé à 2 mètres environ au-dessus du plan d'eau est le seul qui reçoive des marchandises. Un petit chariot à bras prend les colis sur la rive, — soit sur le quai rustique des grandes baies et des fleuves de l'Océan, dont le niveau varie peu, soit sur les berges croulantes ou les bas ports du Mississipi et de ses affluents ; — puis il traverse la passerelle volante qui donne accès au bateau et dépose les colis à l'endroit même d'où ils partiront à l'heure du débarquement. Comme on peut mettre plus d'une passerelle à la fois, que le pont est largement ouvert et que le rangement des colis peut s'achever en route, l'embarquement des colis, comme celui des personnes, s'effectue très-rapidement. Bateaux de rivière.

Nous avons dit ailleurs que le petit chariot qui reçoit les colis à leur arrivée au chemin de fer les conduit en général et immédiatement jusqu'au fourgon à bagages. Lorsqu'on a, comme à New-York ou à Philadelphie, un passage d'eau à franchir avant d'arriver à la station, le petit chariot qui reçoit les colis en deçà Chemins de fer.

de la rivière prend place sur le bateau et continue sa route ensuite jusqu'à l'intérieur de la gare. Le chariot est donc un intermédiaire unique entre les deux grands véhicules; les quais, les passerelles, les planchers de voitures et de wagons sont coordonnés de telle sorte qu'il n'ait guère à effectuer qu'un parcours horizontal. En d'autres termes, on évite avec un soin extrême les reprises qui entraînent toujours des pertes de temps, les chargements à l'épaule qui fatiguent les hommes, et les ascensions inutiles qui sont des fausses manœuvres.

On réduit autant qu'on peut la longueur du camionnage dans les villes. Les locomotives y pénètrent très-avant, dans les rues mêmes. Puis on sépare souvent les wagons, on attelle deux ou trois chevaux à chacun d'eux, et on avance encore. Les marchandises arrivent ainsi soit aux quais d'embarquement, soit aux gares ou dépôts intérieurs, où les camions les prennent pour les distribuer à domicile.

Camions.

Comparés aux camions qui circulent dans Paris, ceux d'Amérique présentent surtout cette différence que le plancher en est plus élevé et assez fortement incliné vers l'arrière. Les pièces de bois qui forment la carcasse de ce plancher sont percées de trous rectangulaires dans lesquels on plante verticalement des barres de bois qui empêchent les colis de glisser soit vers l'arrière, soit vers les côtés : on n'a généralement pas besoin de les attacher avec une corde. Deux ou trois de ces barres, plus fortes que les autres, peuvent être accrochées à l'arrière de la voiture et appuyées par le pied sur le trottoir, constituant ainsi un plan incliné qui sert à charger et à décharger les colis. Il va sans dire que le camion se place perpendiculairement au trottoir et que l'attelage tourne à angle droit, les roues de devant passant sous la caisse, pour que la circulation soit moins entravée pendant les quelques minutes que dure le stationnement.

Glissières d'introduction des colis dans les sous-sols.

Voilà donc les colis, ballots ou caisses, déposés sur le trottoir. On comprend que dans des rues telles que Broadway, telles que notre rue Montmartre, ils ne peuvent y séjourner longtemps.

Le châssis horizontal vitré qui longe les magasins au niveau du trottoir présente un panneau mobile dont l'ouverture démasque une glissière d'accès au sous-sol. Cette glissière est raccordée en haut avec le trottoir par une courbe convexe assez brusque et en bas avec le sous-sol par une courbe concave de

plus grand rayon. Elle se trouve même en quelque sorte prolongée inférieurement par deux longrines qui, n'amortissant que par degrés la vitesse acquise des colis, les amènent au besoin jusqu'au fond du magasin.

Le mode de construction des glissières varie beaucoup. Il y en a en bois garni de bandes de tôle ou tout en tôle. Elles ont souvent l'aspect d'un grand gril à côtes saillantes et un peu arrondies pour faciliter le glissement.

Les glissières peuvent servir à remonter certains colis. Mais généralement on emploie à cet effet un appareil élévatoire.

II. — APPAREILS ÉLÉVATOIRES.

1° Élévateur extérieur pour les sous-sols.

Un élévateur est installé dans une autre portion du saut-de-loup qui sépare le mur de façade de la maison de la portion du trottoir livrée à la circulation. Cet élévateur consiste essentiellement en une plate-forme de $1^m,50$ sur $1^m,10$ suspendue par quatre chaînes qui, après avoir passé sur six poulies supérieures, redescendent, réduites à deux, et se fixent à deux treuils calés sur un axe commun. On peut les manœuvrer avec quatre manivelles à la fois. La hauteur des sous-sols est de $2^m,50$ environ.

2° Élévateur intérieur à poulie simple.

Les marchandises reçues et vérifiées dans le sous-sol doivent être montées et classées aux étages supérieurs de la maison. A cet effet, tous les paliers sont percés d'une ouverture rectangulaire pour le passage d'un élévateur. Le plus modeste négociant de New-York, installé dans une maison à un seul étage, a tout au moins l'appareil employé chez nous à l'extérieur pour l'introduction de la paille et du foin dans les greniers, c'est-à-dire une corde passant sur une poulie supérieure, tirée d'un bout, et portant à l'autre bout un crochet auquel on fixe les colis.

3° Ascenseur à bras.

Le système primitif de la poulie simple a été perfectionné, d'une part en remplaçant la poulie par un treuil, également placé en haut de la maison, et qu'un homme fait mouvoir suivant les signaux qu'on lui adresse d'en bas à l'aide d'une sonnette, — d'autre part en remplaçant le crochet de la corde pendante par une lanterne, c'est-à-dire une plate-forme reliée rigidement par quatre tiges de fer à un cadre supérieur. Cette plate-forme a $1^m,40$ sur $1^m,10$; la cage dans laquelle elle se meut a $0^m,20$ de plus.

Mais pour ne pas avoir en haut de la maison un homme souvent inoccupé, il est préférable d'y installer, outre le treuil, un tambour qui renvoie la corde motrice en bas après un enroulement de quatre ou cinq tours. Tantôt cette corde fonctionne comme une courroie sans fin, le mouvement du tambour se transmettant au treuil ; tantôt c'est la même corde qui passe de l'un à l'autre.

4° Ascenseur à vapeur. Dans beaucoup de maisons l'ascenseur ou les ascenseurs établis sur différents points remplacent totalement les escaliers, pour les personnes aussi bien que pour les marchandises, pour le personnel de la maison et pour les étrangers. Mais, la force motrice nécessaire au montage devenant plus considérable, le moment arrive où la vapeur est d'un emploi plus économique.

La cage rectangulaire de l'ascenseur est ordinairement éclairée d'un côté par une file de fenêtres superposées, tandis qu'elle est ouverte de l'autre côté sur la série des paliers correspondants aux différents étages. La lanterne est tantôt une simple plate-forme, tantôt un petit salon, pourvu de fauteuils, orné de glaces, et le soir éclairé au gaz. Ceci est le cas pour les grands hôtels ; les bagages se placent sous le plancher, dans un compartiment spécial. L'appareil est suspendu par un câble en fils de fer ou d'acier tordus, passant sur une poulie supérieure et redescendant, en dehors de la cage, jusque dans le sous-sol, où est la machine à vapeur. Le personnel de manœuvre se réduit à deux hommes, un agent placé sur la plate-forme et un chauffeur-mécanicien.

Un croquis inséré dans l'Atlas indique la disposition générale d'un ascenseur que nous avons visité en juillet 1870 chez M. Barbey, négociant français à New-York. L'appareil, tout récemment établi, nous avait été cité comme un modèle. — Le câble s'enroule dans le sous-sol sur un tambour horizontal dont le mouvement, dans un sens ou dans l'autre, est commandé par la machine de la manière suivante : les deux pistons, dont les cylindres sont verticaux, font concurremment tourner une roue qui, par une courroie de caoutchouc, en mène une autre ; l'arbre de celle-ci est relié par un engrenage à vis avec celui sur lequel le tambour est calé. Sur l'un des côtés de la cage est une courroie sans fin maintenue verticalement par une poulie supérieure et descendant dans le sous-sol où, renvoyée horizontalement, elle commande (par une disposition analogue à celle des locomotives) le tiroir d'introduction de la vapeur. Suivant que l'agent posté

sur la plate-forme mobile tire l'un ou l'autre des deux brins, l'appareil monte, descend ou s'arrête.

Cette courroie sans fin porte en haut et en bas deux taquets qui, rencontrant des arrêts convenablement fixés, provoquent automatiquement la cessation du mouvement avant que l'appareil mobile ait pu heurter par accident le haut ou le bas de la cage. On écarte ainsi le danger le plus grave des ascenseurs. — On a prévenu de la manière suivante celui qui naîtrait de la rupture du câble de suspension : la tension de ce câble maintient écartées, sous la plate-forme, deux lames paraboliques qu'un ressort tend à rapprocher et qui, en se rapprochant, feraient sortir deux taquets disposés pour entrer en prise avec les dents de deux crémaillères verticales fixées dans deux angles opposés de la cage. Le seul danger qui subsiste encore, d'après ce que nous disait M. Barbey, c'est que les personnes qui attendent sur les paliers le passage de l'ascenseur avancent le pied dans le vide de la cage et s'exposent ainsi au choc de l'appareil mobile.

Pour que la courroie de caoutchouc dont nous avons parlé embrasse la roue motrice sur une étendue suffisante et y adhère toujours, malgré les variations de température et d'humidité, on fait peser dessus un rouleau d'environ 50 kilogrammes, qu'on relève pendant la nuit, quand la machine ne marche pas.

Deux ascenseurs de ce genre installés chez M. Barbey ont coûté, avec les chaudières qui les alimentent, 100.000 francs environ.

5° Ascenseur à contre-poids

Quand la plate-forme ou lanterne mobile est très-lourde par elle-même, comme au Metropolitan-Hotel, on ajoute un contre-poids. Dans le système *Atwood*, le contre-poids pèse autant que la plate-forme : ils sont réunis par un câble passant sur une poulie supérieure, et la course parcourue est égale pour l'un et l'autre. Dans le système *Otis Tuft*, un contre-poids deux fois plus lourd agit sur un tambour calé sur le même axe qu'un autre de rayon double, sur lequel est enroulé le câble de suspension de la lanterne : la course du contre-poids est alors moitié moindre.

Les sous-sols, les glissières et les ascenseurs sont connus en France, mais ils y sont encore très-rares et ne sont pas entrés dans la pratique courante du commerce. On ne paraît pas se douter ici des services qu'ils rendent aux négociants américains pour la réception, la distribution intérieure, la vente et l'expédition

des marchandises. Grâce à ce système, les colis, à peine déchargés sur le trottoir, disparaissent dans le sous-sol. Le rez-de-chaussée reste entièrement disponible pour les bureaux ; le quatrième étage a tout autant de valeur que le premier, car il est aussi facilement accessible.

DEUXIÈME CATÉGORIE. — MARCHANDISES ENCOMBRANTES.

A. — GLACE A RAFRAICHIR.

La glace à rafraichir est, comme on sait, considérée comme un objet de première nécessité aux États-Unis. Les plus humbles demeures en sont alimentées. Dans la seule ville de New-York il s'en consomme plusieurs milliers de tonnes par jour durant les grandes chaleurs de l'été.

On la recueille principalement dans les lacs. Après l'avoir sciée en morceaux réguliers de $0^m,20$ à $0^m,30$ de côté, on l'emmagasine dans des constructions en charpente établies au bord des rivières et disposées en vue d'un embarquement commode. L'enceinte est formée de deux panneaux en sapin dont l'intervalle est rempli de sciure de bois. Le magasin présente du côté de la rivière des ouvertures de 1 mètre de largeur environ, espacées de 6 à 8 mètres; on les ferme avec des planches superposées de champ à mesure que la glacière se remplit, et l'on suit la marche inverse pour démasquer les ouvertures quand on embarque la glace. Le bateau est ponté et percé d'orifices qui correspondent à ceux du magasin : une glissière en bois garnie de tôle amène les blocs, qui tombent dans la cale.

On ne débarque la glace que quand les voitures qui doivent l'emporter en ville sont venues s'adosser à un quai en charpente parallèle à la rive et élevé au-dessus du sol à la même hauteur que le plancher de la voiture. De ce même quai partent des glissières montantes, supportées à leur extrémité supérieure par des chevalets qui reposent sur le pont du bateau, entre le bord contigu à la rive et les orifices mentionnés ci-dessus. Un mât légèrement incliné, retenu par trois haubans, porte une poulie d'où une corde descend dans la cale. Un homme qui s'y tient place successivement les blocs de glace dans la pince qui termine la corde ; le cheval, qu'on a dételé, tire sous la conduite d'un enfant la

corde qui fait remonter le bloc; un autre homme, posté sur le pont, détache le bloc en le déposant sur la glissière; un troisième le reçoit sur le quai et le range dans la voiture. En résumé, des engins élémentaires, trois hommes, un enfant, un cheval qui sans cela resterait oisif, suffisent pour transborder en une minute trois ou quatre blocs de glace de 30 kilogrammes chacun.

Des pinces ou ciseaux, dont les branches inférieures sont munies de pointes horizontales, servent à manier les blocs pour la vente et la livraison à domicile. Les branches supérieures sont souvent réunies par une chaînette qu'on suspend à un peson à ressort fixé à la voiture.

B. — CHARBON.

Nous avons indiqué, en parlant dn transport des charbons de Pennsylvanie, la manutention multiple qui s'opère dans l'appareil désigné sous le nom de *Coal-Breaker :* nous avons dit que le charbon, chargé au fond de la mine dans de petits wagons, monte à l'orifice de la galerie et de là au sommet d'une vaste construction en charpente, d'où il dégringole par un vaste système de glissières, de rouleaux-concasseurs et de cribles, brisant ses plus gros morceaux, laissant en route la poussière, se triant en sept catégories de morceaux de même grosseur, se retrouvant enfin tout chargé dans les wagons d'un chemin de fer qui l'emmène. Cette opération si complexe s'effectue presque tout entière automatiquement.

Nous rappelons aussi pour mémoire le déchargement et l'embarquement du charbon amené par wagons à Philadelphie, sur le bord de la Delaware.

Quand les Américains recourent à des engins compliqués, c'est qu'ils ne peuvent pas faire autrement. Que l'on voie, par exemple, avec quelle simplicité s'opère le débarquement du charbon sur les quais de New-York. — Voici une grue composée essentiellement d'un montant et d'un bras incliné, dont les extrémités supérieures sont réunies par une tige de fer. Le montant est simplement enté sur un des pieux du quai. Le bras incliné porte au bas un gond de porte pouvant tourner dans une charnière qui est fixée extérieurement sur un des côtés du montant, le côté nord par exemple. A l'extrémité supérieure de ce bras est une poulie sur laquelle passe un câble qui, d'un bout, porte une cuiller pouvant s'em-

plir de charbon (un homme est à cet effet posté dans le bateau), de l'autre se dirige au nord du mât, passe sous une seconde poulie fixée à fleur du sol et aboutit au cheval qui fait mouvoir l'appareil de levage pendant le stationnement du tombereau. Abandonné à lui-même, le triangle mobile, que nous supposons d'abord dirigé vers le bateau, ferait un quart de conversion vers le nord et amènerait la cuiller, préalablement élevée à un niveau convenable, au-dessus du tombereau qui doit en recevoir le contenu; il est donc nécessaire de maintenir la grue en place pendant que le levage s'opère. A cet effet, une autre corde, qui part aussi de l'extrémité supérieure du bras incliné, va s'enrouler d'un tour ou deux, du côté du sud, sur un pieu près duquel un homme est posté; il lâche cette corde quand il est temps que la grue tourne et il s'en sert ensuite pour ramener la cuiller au-dessus du bateau.

Nous avons déjà dit avec quelle facilité le charbon conduit à domicile est mis en place : le tombereau étant vidé sur le trottoir, on n'a plus qu'à pousser le charbon à la pelle dans une trappe de $0^m,30$ à $0^m,35$, fermée par un tampon de fonte.

C. — GRAINS.

On appelle aux États-Unis *Grain elevators* des établissements où s'opère le transbordement des grains et où on les conserve quelquefois durant des mois entiers en les aérant de temps en temps. Un double pesage a lieu à l'arrivée et au départ. Les déplacements que ces opérations supposent s'effectuent à peu près exclusivement par des machines, dans un très-petit espace et avec une grande rapidité. Il y a tel établissement qui, assez grand pour emmagasiner 500.000 hectolitres de blé à la fois, peut en recevoir 2 ou 3.000 en une heure et en expédier le double en même temps. Si l'on réfléchit d'ailleurs qu'il faut conserver la distinction des provenances, des destinations, des propriétaires, on reconnaîtra que le problème résolu par les élévateurs à grains est des plus compliqués.

A Chicago, le blé est amené par wagons et embarqué dans des navires qui parcourent les grands lacs du Nord. A Buffalo, ces navires cèdent leurs cargaisons soit aux bateaux du canal Érié, soit aux wagons du New-York Central Railroad ou de l'Erie Railway. A New-York enfin, le blé passe des bateaux de canal

ou des wagons dans des navires au long cours. — A Chicago et à Buffalo, les établissements sont fixes ; ce sont des bâtiments accostables par des bateaux ou des navires sur un ou deux de leurs flancs, et dans lesquels une ou deux voies de fer pénètrent au niveau du sol contigu. Des chaînes à godets puisent et élèvent le grain, inclinées et traversant la muraille si elles doivent puiser à l'extérieur dans un bateau, verticales si elles n'ont à descendre que dans une file de puisards établis en contre-bas du sol et où les wagons se sont vidés par des portières latérales. Le grain redescend par des tuyaux (*spouts*). Pour le peser, on l'arrête, à l'origine de ce mouvement de descente, dans une cuve de pesage (*weighing hopper*) qui repose sur une balance. Pour le bluter, on le laisse tomber sous forme de pluie du haut d'un cylindre en tôle de 5 à 6 mètres de longueur qu'un courant d'air, produit par un ventilateur, parcourt de bas en haut, emportant la poussière et les détritus, qu'il dépose dans une chambre voisine (où on les recueille) et aboutissant finalement à la rivière. Le blé s'emmagasine dans des compartiments ou coffres qui ont $3^m,05$ de côté et 15 à 20 mètres de hauteur. Le fond de ces coffres, juxtaposés comme les cases d'un damier, est à 4 ou 5 mètres au-dessus du sol. Ce fond est disposé en forme de trémie, comme celui des diverses cuves d'arrivée, de pesage et de départ, afin que le grain puisse s'en écouler tout seul par un orifice de section restreinte.

En dehors du bâtiment principal, une petite annexe contient la machine à vapeur et sa chaudière. Une courroie transmet le mouvement à un ou deux arbres de couche établis à la partie supérieure de l'édifice, souvent à plus de 30 mètres de hauteur. Ce sont ces arbres qui mettent en mouvement les chapelets.

Voilà les dispositions générales. Nous allons ajouter quelques détails sur les élévateurs de Chicago, de Buffalo et de New-York.

Elévateurs de Chicago.

Les croquis de l'Atlas représentent le plan, la coupe longitudinale et la coupe transversale d'un de ces établissements. Le bâtiment, qui a 64 mètres de longueur et 23 mètres de largeur, s'avance jusqu'au bord de la rivière ; la voie de fer pénètre du côté opposé. Les coffres d'emmagasinage sont au nombre de 108. Leur capacité totale est de 180.000 hectolitres. Posés sur des piliers à $4^m,60$ au-dessus du sol, ils s'élèvent jusqu'au bord du toit ; mais le bâtiment présente au centre un surhaussement en charpente de 11 mètres seulement de largeur,

dans lequel sont logées les cuves de manipulation et les deux arbres de couche. Les deux files de chapelets, tous verticaux ici, s'élèvent jusqu'en haut. — Avant de prendre place dans les coffres d'emmagasinage, le grain est élevé par les chapelets d'arrivée jusque dans les cuves de réception (*receiving hoppers*), d'où il redescend en passant par les balances. Pour le départ, le grain commence par descendre dans une deuxième file de puisards, d'où les chapelets de la deuxième série le remontent dans d'autres cuves (*shipping hoppers*) qui le laissent écouler dans les tuyaux d'embarquement; ceux-ci traversent la muraille et versent le grain au-dessus du navire.

Dans un autre établissement, que nous avons visité avec M. Louis Sapieha, — ancien élève de l'École d'état-major à Paris, aujourd'hui négociant à Chicago, — il y a deux voies de fer qui longent extérieurement les façades de l'édifice et trois autres qui pénètrent dans l'intérieur. La capacité totale des coffres d'emmagasinage est de 1.500.000 *bushels* (528.525 hectolitres). On met une heure environ pour charger un navire de 300 tonnes. La machine à vapeur est de 200 chevaux.

Élévateur de la Compagnie du Niagara à Buffalo.

Buffalo est, dit-on, la patrie des élévateurs à grains. On y voit 15 à 20 de ces établissements. Nous devons à M. Cyrus Clarke, vice-président de la Compagnie dite du Niagara, une chromolithographie représentant l'extérieur de l'un d'eux avec l'entourage ordinaire des bateaux de diverses formes qui sillonnent les canaux de la « Venise américaine. » Les appareils d'extraction, de pesage, de blutage et d'évacuation sont ici réunis dans une « tour » qui forme avant-corps sur le bord de la rivière. Le bâtiment principal, consacré à l'emmagasinage, a près de 40 mètres de longueur, de largeur et de hauteur. — Cette disposition d'ensemble exige un transport horizontal des grains. L'appareil installé à cet effet est une courroie sans fin, une large bande de forte toile cousue à deux bandes de caoutchouc qui reposent sur deux files de galets. Le grain se loge dans une dépression longitudinale de la toile.

Le chapelet d'extraction a 23 mètres de longueur. Le bâti qui lui donne la rigidité nécessaire est suspendu à la charpente du comble par son extrémité supérieure et s'abaisse à mesure qu'il faut puiser plus profondément dans le navire à décharger. Ce déplacement du *tambour* supérieur faisant varier la distance qui

le sépare de l'arbre moteur, il en résulte une certaine difficulté pour la transmission du mouvement ; voici comment on l'a résolue. La courroie sans fin qui réunit les deux arbres ne va pas directement de l'un à l'autre : le brin inférieur passe sous une poulie fixe et le brin supérieur sous un galet mobile qui pèse sur lui de tout son poids, maintenu qu'il est par une chape et par des coulisses verticales. La vitesse du chapelet est d'environ 137 mètres par minute.

L'entonnoir en tôle dans lequel le grain est recueilli avant qu'on le laisse monter dans la cuve de pesage est fermé au fond par une vanne horizontale à coulisses qui se meut sur de petits galets, de sorte que la manœuvre en est facile malgré la charge qui pèse dessus. La cuve de pesage forme un autre entonnoir simplement fermé par une vanne à charnière qui se manœuvre à l'aide d'un manche.

On pèse ordinairement 100 bushels (3.523 litres) à la fois.

Avant d'arriver aux coffres d'emmagasinage, le grain tombe au sommet d'une sorte de tour d'où partent huit tubes rayonnants inclinés à 30° sur l'horizon. Ces tubes, coupés horizontalement à leur extrémité inférieure, y sont assemblés avec d'autres conduits, également inclinés, qui peuvent tourner autour de la boîte d'assemblage comme autour d'un axe vertical. Avec ces tuyaux tournants on peut remplir toutes les cases.

La hauteur des coffres varie ici de 16 mètres à 22. Leur capacité est d'environ 1.760 hectolitres. Ils peuvent contenir ensemble plus de 800.000 bushels (352.000 hectolitres). Les cloisons qui les séparent sont formées de madriers superposés dont la largeur est de $0^m,25$ au bas et $0^m,15$ en haut.

La courroie (*conveyor*) qui opère le transport horizontal se meut avec une vitesse de 61 mètres à la minute. Pour la décharger sur un point quelconque de son parcours, on brise la direction horizontale du brin supérieur au moyen de deux poulies entre lesquelles se place la trémie initiale d'un conduit d'évacuation. Ces trois pièces étagées sont montées sur un même châssis qui, porté par deux essieux, se meut sur un petit chemin de fer dans l'espace qui sépare verticalement les deux brins de la courroie, au niveau du sol du rez-de-chaussée, sur un plancher revêtu de ciment. — Un autre chariot mobile promène un système de tuyaux permettant de faire descendre sur la courroie le grain de l'un

quelconque des coffres d'emmagasinage. Une courroie horizontale suffit ainsi pour cinq lignes de coffres.

Le chapelet vertical qui remonte le grain a 43 mètres de hauteur.

Quand c'est à des wagons que le grain est livré, on n'a pas besoin de l'élever comme il le faudrait pour le déverser dans des bateaux. Les wagons sont remplis au moyen de tuyaux qui aboutissent aux appareils de transport horizontal. On les pèse en les faisant passer sur une bascule.

La machine à vapeur est à un seul cylindre vertical. Elle est de 150 chevaux.

Cet établissement peut extraire en une heure 7.000 bushels (2.466 hectolitres) puisés dans un navire et en même temps verser dans des bateaux de canal 14.000 bushels (4.932 hectolitres), sans compter ce qui peut être simultanément livré à des wagons de chemins de fer ou à des voitures spéciales. — La même compagnie possède un second élévateur qui est pareil à celui-là, sauf les coffres d'emmagasinage qui sont des cylindres de briques. Elle en possède encore deux autres qui sont au contraire tout en charpente ; mais cet ancien système, si dangereux au point de vue des incendies, ne trouve plus de crédit auprès des Compagnies d'assurances.

Élévateurs de New-York.

Les élévateurs peuvent être très-simplifiés à New-York, attendu que le blutage a été généralement opéré à Buffalo et que les bateaux de canal peuvent conserver leur cargaison pendant quelque temps. Occupant par suite moins de place, et transbordant de bateau à bateau, l'établissement peut être lui-même rendu flottant ; il va dès lors fonctionner aux endroits les plus commodes dans l'étendue de la baie et des deux rivières qui baignent les rives de New-York, de Brooklyn et de Jersey-City. — L'élévateur flottant se place naturellement bord à bord entre le bateau de canal et le navire. Une chaîne à godets extrait de l'un ce que des tuyaux reportent dans l'autre.

Tarifs des élévateurs.

Les tarifs des élévateurs varient beaucoup suivant les vicissitudes du commerce et de la concurrence. D'après des renseignements dont nous ne sommes pas bien sûr, on payait au mois d'août 1870 à Chicago 1 $\frac{1}{4}$ pour 100 de la valeur du grain pour un mois d'emmagasinage, y compris les opérations d'entrée et de sortie du grain et le double pesage qui les accompagne. Pour chaque mois supplémentaire d'emmagasinage, on payait de $\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{2}$ pour 100.

A Buffalo et à Oswego, le transbordement sans emmagasinage coûterait, dit-on, en général, $\frac{1}{4}$ de cent par boisseau de grain, soit $\frac{0^{f},05}{4} \times \frac{1}{0,36} = 0^{f},034$ par hectolitre.

L'emmagasinage pendant un mois coûterait le double, ce qui ferait $0^{f},102$ pour le tout.

A Montréal, à défaut d'installations convenables, le prix serait de $0^{f},30$ au lieu de $0^{f},10$.

En résumé, les procédés mis en œuvre dans les Élévateurs à grains peuvent être dispendieux. Mais, en procurant une célérité extraordinaire, ils répondent à d'impérieuses nécessités qui dérivent soit du climat, soit des exigences du commerce.

D. — MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION.

Comme appareils de bardage des matériaux, nous avons remarqué une chèvre, trois grues tournantes et une grue roulante.

1° CHÈVRE.

Employée à Cincinnati pour le levage des dalles minces dont on revêt la façade des maisons, la chèvre consistait en deux mâts légèrement inclinés qui en supportaient un autre à leur extrémité supérieure et qui reposaient eux-mêmes, ainsi que le treuil de manœuvre, sur un petit chariot à quatre roues. Le mât supérieur portait une poulie à 20 mètres environ au-dessus du sol; deux cordes le retenaient en arrière, le rattachaient à deux pieux obliquement fichés en terre et maintenus eux-mêmes par une contre-fiche. Suivant un usage fréquent en Amérique, ces câbles d'amarre traversaient la rue, mais assez haut pour ne pas gêner la circulation.

Les pierres étaient saisies non par des cordes, ni à la louve, mais par un outil spécial à deux vis pressant contre les deux faces de la dalle.

2° GRUES TOURNANTES.

Deux des grues dont nous allons parler sont à bras oblique et la troisième à bras horizontal. L'angle du bras oblique et du mât est variable dans un cas et invariable dans l'autre. De là trois appareils différents:

Grue à bras oblique et mobile.

Dans le premier système, le mât, surmonté d'un goujon, est à la fois retenu et contrebuté en arrière par trois pièces de bois dont les agrafes embrassent le goujon en se superposant. Le bras oblique est articulé à son pied sur une pièce de fonte boulonnée contre le mât : il peut ainsi tourner autour d'un axe horizontal et s'incliner plus ou moins. Il est commandé par une première chaîne qui, après avoir passé sur deux poulies fixées l'une à la tête du mât, l'autre à l'extrémité supérieure du bras, descend le long du mât et se trouve ensuite renvoyée vers un treuil à vapeur. Une troisième poulie, pendante à la tête du bras, supporte par l'intermédiaire d'une moufle les fardeaux à élever ; la chaîne de levage descend le long du bras, pénètre dans le mât dont la partie inférieure est creuse, descend par cette partie creuse et par le pivot qui est creux lui-même, traverse la crapaudine de support et enfin se trouve renvoyée horizontalement vers un second treuil à vapeur.

Cette grue fonctionnait à Brooklyn sur le chantier de pierre de taille du pont de la Rivière de l'Est. Les blocs épais qu'on y soulevait étaient saisis à la louve. — Le même appareil servait à embarquer sur le canal de l'Illinois au lac Michigan les pierres des carrières de Lemount.

Grue à bras oblique et fixe.

On a employé dans les travaux d'agrandissement du Capitole, puis au pont de Cabin John (aqueduc du Potomac), et nous avons retrouvé sur le chantier de dérochement de Hell-Gate (New-York) une grue dont le bras est fixé par son extrémité inférieure dans un sabot adapté à la base du mât. Ces deux pièces de charpente avaient à Washington une longueur de $15^m,25$ et formaient un triangle à peu près équilatéral avec la tige de fer de $0^m,030$ qui réunissait leurs extrémités supérieures. L'équarrissage était de $0^m,35$ sur $0^m,35$ pour le mât et de $0^m,30$ sur $0^m,30$ pour le bras. La tête du mât était amarrée par des câbles en fil de fer. — Six poulies de $0^m,36$ de diamètre concourent à la manœuvre : deux fixées respectivement à la tête du mât et à celle du bras, deux autres pouvant osciller autour des mêmes points, les deux dernières simplement retenues par des cordages dans l'espace, mais réunies entre elles par une courte attache qui porte le crochet de levage.

Il y a deux cordages distincts, partant chacun d'un treuil, et dont l'un aboutit à la poulie oscillante b' du mât après avoir passé deux fois sur cette même poulie

et avoir embrassé dans l'intervalle l'une des deux poulies libres *c'*, — tandis que l'autre cordage, après avoir passé sur les deux poulies fixes *b* et *c* du mât et du bras, embrasse deux fois la seconde poulie libre *d* et la poulie oscillante *e* du bras, et enfin revient s'accrocher à la poulie libre *d*. On comprend aisément, à l'inspection du dessin, qu'en tirant sur le cordage de droite et lâchant l'autre concurremment, on transportera le fardeau vers la gauche, et réciproquement; et que si l'on tire sur les deux à la fois, on élèvera le fardeau : d'où résulte qu'en imprimant aux deux treuils des vitesses inégales et convenablement combinées, on déplacera la charge à volonté dans le plan vertical de la grue.

A Hell-Gate, la grue était installée sur le bord de la grande fouille dont elle extrayait les déblais pour les déposer dans de petits wagons qui venaient attendre à l'extrémité d'une voie de service. Là, comme presque partout ailleurs, on opérait à bras le mouvement de conversion de la grue, tirant avec une corde sur l'extrémité supérieure du bras. Du même point partait une seconde corde, attachée par son autre bout à un piquet fiché en terre, de telle sorte que le mouvement de rotation s'arrêtât juste au moment où la benne remplie de déblai arrivait au-dessus du wagon. Les deux treuils, mus chacun par un cylindre à vapeur, étaient installés à quelque distance de la grue.

On peut voir sur une des photographies que nous devons au général Meigs les deux sortes de grues, à bras mobile et à bras fixe, fonctionnant simultanément sur le chantier de construction du pont de Cabin John. On y discerne clairement la simplicité d'installation de ces engins, le peu de place qu'ils occupent, le peu d'encombrement produit par des haubans surélevés qui vont s'amarrer à de très-grandes distances. — A New-York, le chantier de construction du nouvel hôtel des Postes, qu'on bâtit en face de l'Hôtel de Ville, présentait huit ou dix grues analogues, dont les mâts étaient reliés ensemble par des tirants.

Grue à bras horizontale.

M. W. A. Roebling se disposait à installer pour le pont de la Rivière de l'Est, sur la pile de Brooklyn, des grues groupées de manière que l'ensemble de leurs cercles d'action couvrît tous les points de cette surface de 16 ares. Le type choisi était celui des grues à bras horizontal.

On sait que ce bras, formé de deux pièces jumelles qui portent des rails, dépasse un peu le mât en arrière et y fait l'office d'un poinçon dont la tête est reliée

par deux tirants avec les extrémités du mât : celui-ci se trouve ainsi roidi et consolidé. De la tête du mât partent des tirants qui soutiennent la portion du bras parcourue par le chariot. A ce chariot est suspendu le fardeau par l'intermédiaire d'une poulie. Il y a enfin trois poulies fixes : deux à la naissance et une à l'extrémité libre du bras horizontal. — Une corde sans fin part de l'un des treuils de manœuvre pour revenir à l'autre après avoir passé non-seulement sur les trois poulies fixes, mais aussi sur les deux rouleaux du chariot et, dans l'intervalle, juste au milieu de ce circuit symétrique, sur la poulie dont la chape porte le crochet de levage. Il suffit d'imprimer ou de laisser prendre aux deux brins des vitesses inégales pour que le chariot avance ou recule et qu'en même temps la charge monte ou descende à volonté.

Quand la grue doit tourner d'un angle un peu considérable, il convient que les câbles de manœuvre descendent par le vide intérieur d'un pivot creux. C'est ce que nous avons indiqué déjà pour la grue à bras mobile du chantier de Brooklyn et pour la drague à cuiller du canal de l'Illinois au lac Michigan.

La grue à bras horizontal est le type auquel se rattachent (d'après ce que nous avons entendu dire) la plupart des machines à mâter qu'on emploie dans les ports américains. Le bras se trouve alors divisé par le mât en deux parties égales et la charge est équilibrée par un contre-poids mobile.

Un caractère commun de ces divers engins, c'est la légèreté, la simplicité, l'économie de la construction et du fonctionnement. Au lieu de lourdes et dispendieuses machines, ce ne sont souvent que des appareils improvisés avec quelques morceaux de bois et quelques bouts de cordes. C'est habituellement à la main qu'on fait tourner les grues : un homme ou deux suffisent pour cette besogne, dont les intermittences sont consacrées à d'autres travaux.

A Brooklyn, les haubans qui maintiennent le mât par son extrémité supérieure devaient être amarrés au caisson même, et conséquemment descendre avec lui, sans que l'enfoncement progressif nécessitât d'autre changement que d'élever tous les 5 ou 6 mètres le bras horizontal de la grue. Cependant lorsque la pile atteindra 20 ou 25 mètres au-dessus de la haute mer, ce mode d'amarrage n'assurerait plus convenablement la stabilité des appareils. Il présente d'ailleurs, et dans tous les cas, cet inconvénient que la rupture acciden-

telle d'une seule amarre peut compromettre l'équilibre du système entier et occasionner des accidents d'autant plus graves que la hauteur est plus considérable. Par cette double considération M. Roebling s'apprête à modifier son système de bardage. Il compte remplacer les grues à bras horizontal (*boom derricks*) par d'autres qu'il appelle des grues équilibrées (*balance derricks*) : plus d'amarres supérieures ; le bras est divisé en deux par le mât et pourvu d'un contre-poids comme nous l'avons indiqué ci-dessus ; il sera progressivement soulevé ; le mât reposera sur une plaque tournante de 6 pieds de diamètre, qu'il traversera d'ailleurs en se prolongeant inférieurement par une *queue de sûreté* (*a safety tail*). Cet appareil permettra de poser sans danger, jusqu'à plus de 80 mètres de hauteur au-dessus de l'eau, les assises successives du gigantesque monument.

3° GRUE ROULANTE.

Un des dessins de l'Atlas représente les appareils de bardage que nous avons vus installés au pont de Saint-Louis pour la pile de l'Est. Ils consistent essentiellement en grues roulantes. Le principe théorique du mécanisme est le même que dans les grues à bras horizontal.

Chacun des deux pontons amarrés aux flancs de la pile portait trois appareils qui se présentent sous la forme de bâtis transversaux et fixes. Le bâti consiste en deux triangles, inclinés en sens inverse à l'horizon, et dont les pointes supérieures sont reliées par deux câbles horizontaux. Ces câbles fixes tiennent lieu de rails pour le chariot auquel sont adaptées inférieurement deux poulies solidaires qu'entraîne le câble de manœuvre. La force motrice est empruntée à un appareil Armstrong établi sur la partie aval du ponton : deux pompes à double effet y compriment l'eau à 600 livres par pouce carré (422 kilogrammes par millimètre carré). La benne descend tantôt dans le chaland qui apporte les matériaux et accoste le ponton, tantôt sur le ponton lui-même, où des wagonnets les reçoivent et les portent sous un abri clos et couvert, tantôt enfin sur le caisson, où ils trouvent définitivement leur place.

A l'arrière du ponton étaient quatre pompes envoyant l'air comprimé dans le caisson et deux autres qui envoyaient l'eau dans les pompes ou siphons à sable.

MONTAGE DES ARCS DU PONT DE SAINT-LOUIS.

La grande longueur des arcs du pont de Saint-Louis (*près de* 160 *mètres*), l'importance de la navigation, qu'on ne pourrait interrompre que sur une des trois travées à la fois, enfin la nature du lit du fleuve, dont les crues affouilleraient et emporteraient inévitablement tous les supports d'échafaudage qu'on pourrait établir dans l'intervalle des piles et culées, feront du montage des arcs une opération extrêmement difficile. Le procédé appliqué aux ponts de Fribourg, d'Argenteuil et autres, si ingénieux qu'il soit, ne serait pas applicable ici. On ne pourrait pas davantage appliquer les dispositions imaginées par R. Stephenson pour le pont-tube du détroit de Menai. Voici, d'après ce que le colonel Henry Flad nous a dit à Saint-Louis, le 13 Septembre, la marche que l'on se propose de suivre.

On établira d'abord, sur les deux piles et les deux culées, deux tours ou pylones en charpente analogues à ceux que nous avons vus au pont de Niagara-Falls, et sur ces tours on posera des câbles en fils de fer qui permettront de faire courir d'une extrémité à l'autre un chariot portant soit des ouvriers, soit des tronçons de tubes. Cela posé, imaginons qu'on décompose chacun des arcs en six portions symétriques (*le croquis est très-simple à faire*) AB, BC, CD, — D'C', C'B', B'A'. On appuiera sur la culée la portion AB et on soutiendra l'extrémité *B* par un câble *b* passant sur la tour et amarré en arrière ; on posera de même les deux portions aboutissantes à la pile suivante et qui, grâce au câble analogue, se feront mutuellement équilibre. Puis on descendra le tronçon BC en appuyant en *B* son extrémité la plus basse, et l'on supportera l'autre extrémité *C* par un câble passant sur le sommet *o* d'un poinçon (d'un mât) Bo et venant s'attacher en A. On fera de même pour B'C'. Cela fait, on descendra les tronçons du milieu CD, C'D', qu'il s'agira d'assembler en C et C' avec les précédents. Cet assemblage exigera qu'on puisse élever ou abaisser en tâtonnant les extrémités C et C' des arcs déjà mis en place : mais comment résoudre pratiquement ce problème délicat ?

Le câble *b*, au lieu de s'appuyer au sommet de la tour sur un secteur oscillant ou sur un rouleau, reposera sur la tête arrondie du piston d'une presse hydrau-

lique. On sera maître ainsi de faire varier les niveaux par degrés insensibles. Et pour rendre l'équilibre indépendant des variations de température, on fera communiquer le cylindre de la presse avec un petit tube vertical dont le piston supportera un plateau convenablement chargé.

Nous nous bornons à indiquer le principe de cette solution remarquable d'originalité et d'élégance.

CONCLUSIONS DU § 1.

Ce qui nous a frappé d'abord, dans l'ensemble des opérations de chargement et de déchargement, c'est l'extrême diversité et la simplicité habituelle des procédés. Rien ne fait mieux voir combien les Américains sont loin de confondre la fin avec le moyen. Ils commencent toujours, en cette matière, par épuiser les ressources du bon sens.

Mais les complications n'effrayent pas leur esprit patient et robuste; ils sont loin de repousser le concours de la science industrielle. Leurs *coal-breakers* et leurs *élévateurs à grains* pourraient être cités dans les écoles professionnelles comme des sujets d'étude : les masses énormes de charbon et de grains qui se manipulent dans ces usines, en si peu de temps et d'espace, comptent parmi les spectacles qui nous ont le plus vivement impressionné aux États-Unis. En fait de bardage des matériaux, l'opération de levage qui se prépare à Saint-Louis dépassera peut-être ce qu'on a vu jusqu'à présent de plus extraordinaire.

---

§ 2. — NOTES DIVERSES.

I. — PRÉPARATION MÉCANIQUE DES PIERRES DE TAILLE DE LEMOUNT (ILLINOIS).

A 40 kilomètres au sud-ouest de Chicago, sur la rive occidentale du canal de l'Illinois au lac Michigan, nous avons visité une exploitation de pierres de taille remarquable au double point de vue de la carrière en elle-même et des procédés

mécaniques par lesquels on supplée à la main-d'œuvre qui ferait totalement défaut pour la préparation des pierres.

Qu'on imagine des bancs calcaires d'une horizontalité parfaite, gisant à fleur de sol sur une étendue indéfinie, sur des myriamètres carrés, à peine recouverts d'une légère couche de terre ou de tourbe : le fond d'une mer mise à sec sans secousse. La surface ne présente pas d'autres accidents que quelques ravinements locaux indiquant que les eaux du lac Michigan ont dû se déverser naguère par là. Ces bancs, dont l'épaisseur varie de $0^m,10$ à $0^m,40$, se présentent souvent sans fissure aucune sur 10 mètres de largeur et le double de longueur. On emploie cette pierre en parement pour les façades des maisons de Chicago et en dalles pour les trottoirs.

Les engins qui servent à préparer la pierre sont établis sous un long hangar en tête duquel est une machine à vapeur dont l'action se transmet par un arbre de couche. Ces engins se composent de scies, de meules et de rabots.

La scie comprend cinq lames montées sur un même châssis auquel on imprime un mouvement de va-et-vient horizontal. Les dents sont à la partie supérieure des lames, et la scie monte au lieu de descendre : elle est suspendue à cet effet à une traverse horizontale sur laquelle agit un contre-poids.

La meule à polir est suspendue par son axe horizontal à l'extrémité du bras horizontal d'une grue, et elle pèse sur les aspérités de la pierre fixée en dessous et portée par un plateau horizontal tournant.

Mais le travail principal, après le sciage, c'est le rabotage. Chaque machine à raboter, constituée comme celles qui servent pour la fonte, comprend huit ciseaux juxtaposés. La pierre ne reçoit pas d'autre taille.

II. — LE REDWOOD (BOIS ROUGE) DE LA CALIFORNIE.

Toutes les traverses des chemins de fer en Californie sont tirées d'un arbre appelé Redwood. Cet arbre, qui est une sorte de pin (*Sequia semper vivens*), se trouve en forêts le long du littoral de l'océan Pacifique et ne se trouverait, dit-on, que là ; il n'existe d'ailleurs que jusqu'à 400 kilomètres au nord de San

Francisco (jusqu'à la rivière de Trinity) et 140 kilomètres au Sud (jusqu'aux environs de Santa Cruz). Les chaînes parallèles de l'intérieur du continent ne le produisent pas. On a employé le Redwood en traverses sur le chemin de fer du Pacifique jusqu'au delà de Colfax, quoiqu'on trouvât du sapin sur place dès les premières pentes de la Sierra-Nevada. On l'amène à peu de frais jusqu'aux petites baies du littoral, d'où on le transporte par mer à San Francisco.

Ce bois paraît être complétement inaltérable quand il est à demi enterré à la façon des traverses de chemin de fer. Nous avons examiné de ces traverses dans Market-street, à la sortie de San Francisco ; elles étaient en place, nous dit-on, depuis une dizaine d'années ; or il suffisait d'enlever avec le couteau une pellicule superficielle brunâtre pour faire apparaître la couleur acajou fraîche et vive du bois neuf. Ce bois semble n'éprouver aucun retrait en vieillissant ; les clous et crampons y demeurent fortement engagés et ne cessent pas de remplir hermétiquement les trous qu'ils s'y sont ouverts. C'est pourtant un bois tendre et d'un tissu peu serré.

La dépense du transport par terre limite l'emploi du Redwood aux États-Unis ; mais le bas prix des transports maritimes permettrait de l'employer sur les points du globe les plus éloignés, en France, par exemple. Le prix de traverses rendues à l'un de nos ports paraît pouvoir s'établir ainsi qu'il suit :

Des traverses de 8 pieds sur 6 et 8 pouces ($2^m,44$, — $0^m,15$ et $0^m,20$) reviennent à San Francisco, la pièce, à. . . . . (dollar)	0,550
Transport par mer, à raison de 27,50 dollars le mille (c'est-à-dire par 1.000 *pieds*, le pied signifiant ici 1 pied carré sur 1 pouce d'épaisseur), soit par traverse.	0,880
Commission d'achat et expédition, 5 p. 100 de la valeur, ci.	0,027
Droits d'entrée en France (sauf vérification), 3 p. 100.	0,017
Prix de revient en France.	1,474

ou environ 8 francs.

Le Redwood est aussi très-recherché en Californie pour la construction des maisons à cause de sa légèreté ; mais on est obligé de le peindre pour qu'il ne se fendille pas au soleil.

III. — DU SERVICE TÉLÉGRAPHIQUE.

On estimait en 1869 ainsi qu'il suit le réseau total des fils télégraphiques aux États-Unis :

Nombre de kilomètres de ligne.	117.591
id. id. de fil.	211.000
Nombre de stations.	5.029

L'établissement et l'exploitation de ces lignes sont laissés à l'industrie privée. Les compagnies n'ont besoin d'autorisation que pour planter des poteaux dans les propriétés privées et dans les rues des villes.

Ces poteaux se placent comme des lignes d'arbres. Dans Prince's-street (New-York), sous les fenêtres du Metropolitan Hotel, les poteaux portent chacun sept traverses horizontales et trente fils. L'agent chargé de visiter les supports a les pieds armés de griffes latérales, à l'aide desquelles il grimpe jusqu'en haut avec la rapidité d'un chat. — Il y a un réseau particulier pour le service des incendies (*fire alarm telegraph*). D'autres fils pénètrent dans les bureaux des négociants et font apparaître, au-devant d'une boîte fixée au mur comme une horloge, les cours cotés pour l'or à la Bourse. Les Compagnies télégraphiques desservent ainsi une foule de besoins spéciaux et de convenances locales.

L'appareil télégraphique de Morse paraît être exclusivement employé. Le récepteur se réduit assez souvent à un marteau frappant sur une plaque de cuivre : on écoute la dépêche au lieu de la lire.

Nous avons entendu parler en termes très-favorables d'un fil *composé* (*compound wire*) qui tend à se substituer au fil de fer pour les communications électriques. Ce fil est formé d'une âme d'acier qu'on étame et sur laquelle on enroule une feuille de cuivre. Plus léger, plus solide et meilleur conducteur de l'électricité, il présenterait sur le fil de fer une économie notable.

Les tarifs sont fixés en raison de la distance, des frais variables de l'établissement des lignes et de l'importance des dépêches annuellement transmises. Les Compagnies rivales se sont entendues pour établir des prix uniformes et rému-

nérateurs. Ainsi la concurrence n'a pas amené l'abaissement des prix ; elle les a au contraire grevés d'un inutile surcroît de frais d'établissement et d'exploitation. Toutefois les Compagnies rivalisent entre elles de soins et d'exactitude ; elles s'ingénient à prévenir les moindres besoins du public tout en cherchant à réduire leurs frais. Une fusion générale des Compagnies réduirait évidemment les frais généraux, et quelques personnes la désirent ; mais on s'accorde généralement à regarder comme dangereux un tel monopole, fût-il même aux mains du gouvernement.

Du reste, la plus grande partie des lignes se trouve dès maintenant centralisée entre les mains de la *Western Union Company*. Elle possède 84.000 kilomètres de ligne et 169.000 kilomètres de fil. En 1869, elle avait *mensuellement* et en moyenne une recette brute d'environ. . . . . 3.000.000 francs.
contre une dépense de. . . . . 1.875.000 —
Son revenu net pour les trois *années* précédentes avait été en moyenne de 14 millions. En 1868-69, les dépêches transmises par elle aux journaux seulement comprenaient 369.503.630 mots payés à raison de 0f,115 l'un.

Au commencement de l'année 1870, au moment où la Compagnie française du câble transatlantique de Brest venait de poser ce câble et d'obtenir de l'État du Massachusetts la faculté d'atterrir, elle s'en vit contester le droit par le gouvernement des États-Unis. Ce gouvernement voulait d'une part que la concession faite au nom de la France n'eût pas le caractère d'un monopole, qu'elle pût être ultérieurement étendue à d'autres Compagnies, — d'autre part, que le droit d'atterrissement fût purement précaire. Nous ignorons comment l'affaire a été terminée, si tant est qu'elle l'ait été explicitement. On nous disait à New-York qu'il s'était fait là « beaucoup de bruit pour rien » et que les préoccupations de droit national n'étaient pas la vraie ou du moins la seule cause des embarras suscités à la Compagnie du câble de Brest.

IV. — DU SERVICE DES INCENDIES.

Les incendies sont très-fréquents à New-York, de jour et de nuit. Dès le lendemain de notre arrivée, le 28 Juin, à onze heures du soir, les cloches de plu-

sieurs beffrois sonnaient au feu; mais un orgue de Barbarie et des chanteurs que l'on continuait d'entendre indiquaient assez qu'il n'y avait pas grand émoi dans les rues. Le 4 Juillet, jour anniversaire de la Déclaration de l'Indépendance et grande fête nationale aux-États-Unis, il est permis de tirer des pétards dans les rues : à neuf heures du soir, pendant qu'un feu d'artifice retentissait sur la place de l'Hôtel-de-Ville, le tocsin sonnait dans le quartier du Metropolitan Hotel, et les pétards n'en continuaient pas moins d'éclater tout alentour. — Puisqu'on ne se plaint pas de cet état de choses et qu'on trouve toujours des Compagnies d'assurances, il faut croire que les secours sont assez prompts et assez efficaces en général pour limiter au moins les dégâts du feu. Comment donc ces secours sont-ils organisés?

Signaux d'alarme.

On aperçoit d'abord des tours (il y en a cinq) surmontées d'une plate-forme annulaire sur laquelle un guetteur se promène de jour et de nuit. Il donne l'alarme au moyen d'une cloche, et bien peu de minutes s'écoulent avant qu'on entende résonner sur le pavé le galop des chevaux qui emmènent la pompe à vapeur. Ce n'est pourtant pas à l'appel des cloches que les pompiers répondent le plus souvent, mais à un avertissement donné par le télégraphe électrique.

Nous disions dans l'article précédent qu'il y a un réseau de fils exclusivement consacrés au service des incendies. Ces fils aboutissent tous à un bureau *central;* il y en a 58 qui viennent du nord de la ville, et beaucoup d'autres sont dirigés vers le sud. Ce réseau a un double but : 1° Permettre qu'un passant quelconque, apercevant un incendie, puisse le signaler au bureau central; 2° Mettre le bureau central en communication avec les postes de pompiers et surtout avec ceux où sont remisées des pompes. A cet effet, certains poteaux télégraphiques portent une boîte en fonte (*alarm box*) qu'on peut ouvrir avec une clef déposée chez un des commerçants voisins, un pharmacien habituellement, dont le nom est inscrit ostensiblement sur la boîte. Une petite porte étant ouverte à l'aide de la clef, on en aperçoit une seconde que traverse le manche d'un levier : il suffit d'appuyer sur ce manche pour donner le signal requis, c'est-à-dire pour qu'un tableau indicateur, disposé à cette fin dans le bureau central, fasse connaître le numéro de la ligne, puis celui de la station d'appel; en même

temps d'ailleurs le signal a fait sonner un timbre et déclanché un mouvement d'horlogerie qui met en mouvement la bande de papier (de $0^m,25$ environ de largeur) sur laquelle le numéro de la station s'inscrira plusieurs fois de suite. Voilà le principe du système. Nous nous bornons à l'indiquer ; on peut en trouver une description détaillée dans un numéro du journal du *Franklin Institute* (le numéro de mai 1870).

Il y a 919 de ces boîtes d'alarme réparties dans la ville de New-York. Postes de pompiers.

Le 4 Juillet, vers midi, nous visitions le poste de la rue *Cedar*. Près du timbre de la sonnerie électrique se trouve affiché un tableau qui donne la traduction des signaux conventionnels. Un registre reçoit immédiatement mention de tous les incidents du service. Nous y vîmes qu'il y avait eu trois alarmes dans l'intervalle de $10^h,20$ à $11^h,20$. On tenait tout attelés ce jour-là, dans la salle qui sert de remise, la pompe à vapeur, que traînent deux chevaux, et un tilbury (*tender*) à un cheval qui porte un très-long tuyau de cuir enroulé sur un tambour. En avant du tilbury est un siége pour le cocher, dont on voyait tout disposés le pardessus, les gants et la couverture ; il y a place pour deux hommes en arrière ; leurs casques en cuir bouilli les y attendaient. — On reconnaît bien là les gens pratiques, qui savent de quel prix peuvent être les plus minces détails dans les circonstances critiques de la vie réelle, où l'on ne voit pas toujours (comme dans les romans de la Table-Ronde) le héros se débrouiller avec de grands coups d'épée.

Au fond de la remise est une place disposée pour servir d'écurie aux trois chevaux. La pompe à vapeur comprend essentiellement, savoir : un foyer placé à l'arrière et surmonté d'une petite chaudière, un cylindre à vapeur au-dessous duquel est la pompe, un réservoir d'air en forme de dôme, et un réservoir d'eau douce en forme de corps cylindrique de cuivre, recourbé horizontalement comme une ceinture. Le foyer, garni de petit bois et de *cannel-coal*, est tout prêt à flamber : on y met une allumette au départ, le feu prend et l'eau chauffe pendant que l'on court au théâtre de l'incendie signalé. On emporte du charbon pour une demi-heure. Il y a d'ailleurs des dépôts de charbon et d'hommes sur divers points de la ville.

Le compte-rendu du service, pour l'année comprise entre le 1er Décembre 1869 et le 30 Novembre 1870, contient les résultats suivants : Incendies à New-York durant l'année 1870.

Le nombre des incendies a été de 964. Par qui ont-ils été signalés?

194 par les rondes de service,
385 par les agents de police,
77 par les guetteurs,
308 par de simples citoyens.

De ces 964 incendies, 914 ont pu être limités à un seul bâtiment. Les dégâts sont résumés ainsi qu'il suit :

Bâtiments	légèrement endommagés.	870
id.	fortement endommagés.	70
id.	totalement détruits.	22

Les pertes ont été évaluées en totalité à. . . . . 10.601.060 francs.
Les assurances montaient à. 51.671.850

Pour les six dernières années, l'évaluation des pertes a donné les résultats suivants :

En 1865.	40.515.000 francs.
1866.	32.140.000
1867.	28.555.000
1868.	21.710.000
1869.	13.130.000
1870.	10.600.000

MONTRÉAL. A Montréal, les incendies sont signalés télégraphiquement par le système de New-York. Il n'y a qu'un seul poste de pompiers établi à l'Hôtel-de-Ville. La ville est divisée en 60 districts dans chacun desquels se trouvent plusieurs poteaux munis de la boîte dont nous avons parlé. Des clefs de ces boîtes sont entre les mains des policemen et autres officiers municipaux; d'autres sont déposées chez les pharmaciens, les boulangers ou autres marchands du voisinage, dont les boutiques restent presque constamment ouvertes.

V. — DU SERVICE DES BREVETS D'INVENTION.

On trouvera aux documents-annexes les trois pièces suivantes : 1° la classification adoptée depuis le 1er janvier 1868 pour les matières qui peuvent faire l'objet d'un brevet aux États-Unis ; — 2° un recueil des lois sur la matière, revisées et coordonnées par le Congrès, et approuvées par le Président le 8 Juillet 1870 ; — 3° un recueil des règlements édictés, en conformité de ces lois, le 15 du même mois. Ces pièces constituent la base officielle de toute étude sur cet important service, dont nous ne voulons ici que donner une idée sommaire.

Toute demande tendant à obtenir un brevet d'invention doit comprendre un texte, un dessin et un modèle de l'objet ou de l'idée quelconque que l'on a la prétention de faire breveter. Le dessin est ordinairement lithographié ; nous en rapportons divers spécimens. Le modèle doit être fait à une échelle déterminée ; il est du reste évident que certaines découvertes se prêtent peu à ce mode de représentation. — La demande doit être accompagnée de l'affirmation qu'il s'agit d'une invention réelle et non de l'importation d'une découverte faite ailleurs, car les États-Unis n'admettent pas le brevet d'importation. Un ingénieur étranger à la France aurait (dit-on) tenté, mais sans succès, d'y faire breveter le frein à contre-vapeur. — Les demandes sont renvoyées pour examen à des Commissions spéciales, constituées en permanence à cet effet. Celles qu'on accueille sont transcrites, imprimées sur un registre in-folio et l'on inscrit à la suite une mention portant que telles ou telles des conclusions du pétitionnaire sont admises. Le brevet ne revêt pas d'autre forme. Le demandeur acquiert ainsi, sous la seule réserve du versement d'une somme fixée par la loi, le droit d'exercer pendant dix-sept ans le privilége dont il est investi.

L'instruction à laquelle chaque demande a donné lieu est l'objet d'une analyse consignée dans un recueil annuel dont on envoie des exemplaires dans le monde entier à un certain nombre d'établissements publics et de sociétés savantes, par exemple au Ministère de l'agriculture et du commerce, à l'École polytechnique, à l'École des Mines, à la Société académique de Saint-Quentin et autres. Le *Pa-*

tent-Office s'étonne un peu d'ailleurs que la réciprocité d'envois analogues fasse parfois défaut.

Les modèles produits à l'appui des demandes sont conservés au Ministère de l'intérieur. Ils sont classés et déposés dans de vastes salles, sur de petites tables recouvertes de vitrines et à l'entour desquelles on peut circuler, de sorte que tous les objets sans exception sont accessibles de très-près et, sous ce rapport, commodes à étudier. Ces salles, construites et entretenues avec luxe, ressemblent à des musées.

Que penser maintenant de cette organisation établie sur un si grand pied? — En dehors des commentaires officiels, nous reproduirons ici une opinion que nous avons entendu émettre sur différents points des États-Unis dans le cours de notre voyage.

Le système est assez fortement critiqué. On dit d'abord que l'affirmation d'originalité, telle que la loi l'exige, repose trop souvent sur un mensonge : la proportion des faux serments pourrait, dit-on, être évaluée à 85 pour 100. Il se trouverait en Europe des agents, des individus à la piste des idées nouvelles, chargés de les communiquer avant qu'elles aient pu se répandre. Le temps que les commissaires peuvent consacrer à l'instruction de chaque demande, aux recherches et aux vérifications qu'elle exige, n'excéderait peut-être pas une heure en moyenne; et d'ailleurs, malgré la légitime défiance qu'ils éprouvent, ils admettent en principe l'affirmation du pétitionnaire, à moins que la fausseté de cette affirmation, c'est-à-dire l'antériorité d'existence de la chose pour laquelle on demande un brevet, ne leur soit matériellement démontrée.

La loi serait donc fréquemment éludée dans celle de ses dispositions qui refuse tout privilége à l'importation pure et simple.

A la date du 17 Septembre 1870, jour de notre visite, le nombre des brevets accordés s'élevait à 112.000. Pris en eux-mêmes, ces brevets portent trop souvent sur des choses insignifiantes. Il y en a peut-être 5 pour 100 qui protégent des inventions sérieuses et utiles. N'est-il pas regrettable que la protection légale et le prestige qui s'y attache s'étende à toutes indistinctement? Un autre inconvénient de la multiplicité des inventions brevetées, c'est le grand nombre des modèles et l'encombrement des galeries. Les objets dont l'étude serait réelle-

ment profitable sont noyés au milieu des autres, et la recherche en est laborieuse. Ne serait-il pas préférable de n'avoir qu'une collection restreinte de modèles choisis, dans le genre de celle qui existe à notre Conservatoire des arts et métiers? Puis, les brevets s'accumulant toujours, il faut créer de nouvelles salles et des édifices spéciaux. Le personnel attaché au service de l'établissement actuel se compose déjà d'un millier d'hommes; la dépense est de 3 à 400.000 dollars par an. Ces galeries brillantes peuvent faire illusion aux visiteurs et flatter l'amour-propre national : mais quelle charge pour le budget!

On prétend enfin que le système actuellement en usage pour les brevets d'invention n'aurait qu'une part très-mince dans les développements de l'industrie et qu'il coûterait au Trésor fédéral plus qu'il ne vaut. Abandonné en Hollande, battu en brèche en Allemagne, — (M. de Bismark, dit-on, avant la guerre, ne dédaignait pas de s'occuper personnellement de la question), — ce système pourrait bien (au dire de ses détracteurs) ne pas garder aux États-Unis la haute faveur dont il a longtemps joui.

VI. — L'ÉCOLE DE WEST-POINT ET LE CORPS DES INGÉNIEURS DU GOUVERNEMENT. ÉDUCATION PROFESSIONNELLE.

L'École de West-Point, ou *Académie militaire* des États-Unis, a pour but principal de préparer des officiers pour l'armée. Elle comprend quatre années d'études ou d'exercices. Le nombre habituel des élèves ou *cadets* est de 260; il se trouvait réduit à 209 le 3 Août 1870, quand nous avons visité l'École. École

Les 37 États dont se compose l'Union peuvent envoyer chacun à West-Point deux jeunes gens dont la désignation appartient aux deux sénateurs qui représentent cet État au Congrès. Ces jeunes gens doivent avoir plus de 17 ans et moins de 22. On n'exige d'eux pour l'admission à l'École que des connaissances tout à fait élémentaires, savoir : la lecture et l'écriture de la langue anglaise, les quatre règles fondamentales de l'arithmétique, les proportions, les fractions ordinaires et décimales, quelques notions de la grammaire anglaise, de la géographie et de l'histoire, particulièrement en ce qui concerne les États-Unis.

Le programme des études de l'École comprend douze branches dont voici l'énumération officielle :

1° Manœuvres de l'infanterie, de l'artillerie et de la cavalerie; police et discipline militaires.

2° Maniement de l'épée, de la baïonnette, etc.

3° Mathématiques.

4° Langue française.

5° Langue espagnole.

6° Dessin.

7° Physique chimique [*Chemical physics* : on désigne ainsi l'étude du magnétisme, de l'électricité et de la chaleur]. — Chimie, minéralogie et géologie.

8° Philosophie naturelle et expérimentale. [On entend par là la mécanique, l'acoustique, l'optique et l'astronomie.]

9° Fabrication de tous les engins de guerre. Étude du tir.

10° Notions de morale, de législation et de politique.

11° Travaux de fortification et d'attaque.

12° Génie civil et militaire. Art de la guerre.

Un aussi vaste programme ne saurait évidemment être parcouru en quatre années que d'une façon très-superficielle ; mais cet enseignement général peut ouvrir suffisamment l'esprit des jeunes gens à bien des études susceptibles d'être approfondies plus tard par le travail individuel. Il y a plutôt lieu de s'étonner de l'insuffisance des études préparatoires et de se demander si le mode de recrutement en usage fait toujours arriver les plus dignes. Depuis longtemps il est question de substituer la voie des concours à la désignation sénatoriale, comme aussi d'étendre le programme d'admission ; mais on se préoccupe, nous a-t-on dit, beaucoup du danger d'étouffer l'intelligence des enfants en surchargeant prématurément leur esprit d'un trop lourd bagage de connaissances mal digérées.

En attendant, il y a entre les élèves d'une même classe, d'une même année, des diversités telles qu'on est obligé de les diviser en *sections* d'inégale force, dirigées par des répétiteurs adjoints au professeur dans chaque branche d'études. En principe, on ne fait pas de cours (*lectures*) ; le professeur seul peut en faire sur des points spéciaux, avec le consentement du directeur de l'École. Les élèves étudient isolément dans des livres ; puis on les réunit pour les interroger, en donnant à cette occasion les explications qui peuvent être nécessaires.

Il n'y a pas de salles d'étude. Les élèves travaillent deux par deux dans des chambres particulières, où sont les deux lits dans lesquels ils couchent. Les portes de ces chambres demeurent constamment ouvertes pour qu'une surveillance puisse être exercée du dehors.

Il y a dans l'École un certain nombre de factionnaires placés pour faire respecter les règlements et les consignes. Ces factionnaires sont pris parmi les élèves eux-mêmes. Ils sont chargés, par exemple, de faire la visite des chambres à dix heures du soir, chacun dans sa circonscription, et de s'assurer que tout le monde est à sa place. Cette mission de police, exercée ostensiblement et à tour de rôle, est bien propre à développer le sentiment de la responsabilité et à préparer aux austères devoirs de la vie militaire.

L'année scolaire commence le 1er Juillet et ne comporte pas de vacances. Mais pendant les deux mois de Juillet et d'Août, tous les exercices intérieurs sont suspendus : les *cadets* sont campés en plein air, sous la tente, et uniquement occupés d'exercices militaires. C'est dans cette installation que nous les avons vus; et le général Upton, qui les commandait, nous fit visiter le champ de manœuvres qui dépend de l'École. L'établissement a été créé de toutes pièces sur la rive ouest de l'Hudson, à 80 kilomètres en amont de New-York, sur un plateau qui est dominé par des collines, mais domine le fleuve à son tour. L'Hudson, encaissé entre des rochers profonds, se replie fortement sur lui-même en cet endroit. On ne peut imaginer un endroit plus salubre, et il n'y a guère de plus beau site aux États-Unis. Point de ville ni de village à West-Point. De larges espaces ont été ménagés entre les divers bâtiments de l'École. Plusieurs jolies maisons ont été bâties pour divers fonctionnaires qui les habitent avec leurs familles. Il y a dans le voisinage deux hôtels où peuvent loger les parents des élèves. Les grands bateaux à vapeur de l'Hudson y abordent plusieurs fois par jour.

Les premiers des élèves qui sortent chaque année de l'école de West-Point sont admis dans le corps des ingénieurs. Nous avons déjà dit que ce corps est chargé des travaux qui, intéressant l'Union tout entière, s'exécutent aux frais du Trésor fédéral et par les soins du Gouvernement central. Ils se divisent en trois branches : les fortifications, l'amélioration des rivières et des ports, enfin les opérations topographiques, qui ont en Amérique une importance de premier ordre. Corps des ingénieurs

Le cadre du personnel est fixé chaque année par le Congrès. Durant l'année financière expirée au 30 Juin 1870, le corps était composé ainsi qu'il suit :

Bureau du directeur général, lui compris.	4
Bureau des ingénieurs attachés aux fortifications.	8
Ingénieurs enrégimentés.	18
Travaux de fortifications.	12
Études et travaux pour l'amélioration des rivières et des ports..	20
Travaux mixtes de fortifications et d'amélioration des rivières et des ports.	12
Bâtiments et terrains domaniaux..	1
Études sur les lacs du Nord..	6
En service spécial.	2
Attendant des ordres.	1
En services détachés auprès des généraux commandant les divisions, dans les ministères, à l'établissement des phares, à l'école de West-Point, etc..	22
Total.	106

La loi de finances, votée par le Congrès au mois de Juillet 1870 et mise à exécution à dater du 1er Août suivant, avait fixé ainsi qu'il suit le cadre des officiers de chaque grade :

1	brigadier général (le général Humphreys);	
6	colonels recevant un traitement de. .	4.000 à 4.500 dol.
22	lieutenants-colonels.	3.000 à 4.000
24	majors.	2.500 à 3.000
30	capitaines;	
36	lieutenants (26 en premier, 10 en second);	
Total. . . 119		

Le traitement s'augmente de 10 pour 100 après chaque période de cinq années. Le logement et le chauffage sont aux frais du Trésor.

Un personnel aussi restreint ne pourrait pas suffire aux travaux et surtout aux études dont le corps des ingénieurs est chargé. Aussi quelques ingénieurs

civils y sont employés concurremment avec les ingénieurs du gouvernement; mais ils ne le sont qu'à titre temporaire et généralement en sous-ordre. Nous avons parlé du service créé en 1867 pour l'amélioration des rapides des Moines et de Rock-Island sur le Mississipi; la décision qui en chargeait le général Wilson l'autorisait à employer, sous réserve de l'approbation de l'administration supérieure, autant d'auxiliaires civils qu'il lui en faudrait, avec des traitements adaptés aux services qu'ils pourraient rendre et les frais de voyage alloués aux fonctionnaires du gouvernement. Tel paraît être en général le mode d'organisation des services.

Les projets dressés par les ingénieurs ne sont pas soumis à l'examen d'un conseil constitué comme notre Conseil général des ponts et chaussées. Ils sont présentés, quand ils ont quelque importance, aux deux chambres du Congrès, qui nomment l'une et l'autre des commissions pour les examiner. Mais ils ne sont pas seulement accompagnés de l'avis du directeur général; ils ont fréquemment été l'objet d'une conférence préalable, d'un examen fait *sur place* par une commission composée de trois ou quatre ingénieurs en chef, y compris celui qui a présenté le projet. D'après les exemples que nous avons eus sous les yeux, le travail de ces commissions offrirait, avec une grande rapidité d'exécution, de très-sérieuses garanties de contrôle.

Éducation professionnelle.

L'éducation professionnelle des ingénieurs présente en Europe trois systèmes principaux : le système français, le système anglais, le système prussien. Nous n'avons rien à dire ici du premier; nous dirons quelques mots des deux autres avant de revenir au système des États-Unis.

En Angleterre, il n'y a pas d'écoles spéciales ouvertes à ceux qui veulent embrasser la profession. On entre en apprentissage chez un ingénieur, on y entre en payant; on voit ce qui s'y passe, ce qui s'y fait soit dans les bureaux, soit sur les chantiers. Les mieux avisés cherchent dans les livres les connaissances théoriques, les idées générales sans lesquelles on court risque de végéter indéfiniment dans l'étroit et confus domaine des faits. Les hommes servis par les circonstances acquièrent ainsi une instruction sinon très-étendue et très-élevée, au moins très-solide. Ceux qui sont en outre bien doués par la nature peuvent arriver très-loin. Il sort de ce système des individualités puissantes.

En Prusse, le gouvernement a ses ingénieurs. Tous ont passé par l'École royale de construction (*Königliche ban Akademie*). Pour être admis à cette école, il faut avoir fait certaines classes des lycées, puis travaillé pendant un an chez un ingénieur de l'État. On passe à l'École de Berlin deux années suivies d'un examen, après quoi l'on est attaché pendant trois ans à la conduite des travaux sous la direction d'un ingénieur en chef. Cela fait, on revient à l'École pour y passer deux années nouvelles ; l'examen qui les termine, s'il est subi avec succès, vous donne rang parmi les ingénieurs de l'État. Ainsi, huit années de préparation, dont quatre passées sur les travaux.

Aux États-Unis, il ne manque pas d'hommes qui se forment au métier par la pratique pure et simple ; mais les études préalables y sont en bien plus haute estime qu'en Angleterre ; et depuis un quart de siècle, en dehors de l'École de West-Point, qui seule dépend du Gouvernement fédéral, il s'est créé des écoles libres qui préparent plus ou moins explicitement à la profession d'ingénieur. On cite parmi les plus renommées celles de Troy, de New-Haven, de Boston, de Cambridge, de New-York (*le Columbia College*). Ces écoles, entourées de la faveur publique, prennent chaque jour plus d'importance. L'instruction théorique des ingénieurs américains ne s'élève peut-être pas encore bien haut en général ; mais nous n'avons aperçu nulle part qu'ils dédaignent les connaissances qui leur manquent ou qui ne leur sont pas familières. Ils se défient seulement de la formule analytique, comme d'un outil qu'on ne sent pas bien dans la main ; c'est un bâton qui souvent embarrasserait leur marche plutôt que de l'assurer : les démonstrations vivantes et expressives de la géométrie leur conviennent mieux. En tout cas, cette préparation théorique, qui se fortifie et se généralise, ne tarit pas la séve d'originalité et d'invention dont les Américains sont si richement pourvus.

Le *Rennselaer Polytechnic Institute* de Troy paraît tenir le premier rang parmi les établissements libres. Tous ces établissements sont administrés par des comités. Dans ce que nous avons entendu dire des programmes d'enseignement, nous avons remarqué surtout la place importante qu'y occupe l'étude des machines à vapeur ; c'est une matière qui, dans tous ses détails, théoriques et pratiques, dans son harmonieuse combinaison de principes et de faits, doit être pos-

sédée à fond par tous les ingénieurs américains; c'est une des bases fondamentales de leur éducation.

VII. — DE LA POPULATION DES ÉTATS-UNIS.

Neuf recensements décennaux, dont le dernier a été commencé le 1er juin 1870, ont donné pour la population totale des États-Unis les résultats suivants : Population totale à diverses époques.

1790.	3.929.214 hab.	1830.	12.866.020 hab.
1800.	5.308.483 »	1840.	17.069.453 »
1810.	7.239.881 »	1850.	23.191.876 »
1820.	9.633.822 »	1860.	31.443.321 »
	1870.	38.558.371	

Le nombre des citoyens âgés de 21 ans au moins est de 8.433.475.

Aux deux derniers recensements, la division de cette population entre les diverses races d'hommes qui habitent l'Amérique se présentait ainsi qu'il suit : Répartition par races.

	1860.	1870.
Blancs.	26.922.537	33.589.377
Nègres libres..	488.070	4.880.000
Esclaves.	3.953.760	»
Chinois..	34.933	63.254
Indiens..	44.021	25.731

La même répartition faite pour un état spécial, la Californie, donne les résultats suivants :

	1860.	1870.
Blancs.	323.177	499.424
Nègres libres..	4.086	4.272
Esclaves.	»	»
Chinois.	34.933	49.310
Indiens..	17.798	7.241

En 1860, il n'y avait encore de Chinois qu'en Californie, tandis qu'en 1870 il y en a 6.869 dans d'autres États de l'Union (surtout l'Orégon et le Nevada) et 7.075 dans les Territoires (surtout l'Idaho et le Montana).

Les Indiens compris dans les tableaux qui précèdent sont ceux qui vivent dispersés dans les États et les Territoires de l'Union. (L'État de Delaware est le seul où l'on n'en ait pas trouvé.) Mais il y en a d'autres qui vivent encore à l'état de tribus, sédentaires ou nomades. On en estime le nombre à 123.241 pour les tribus sédentaires et à 234.740 pour les autres. Ce serait donc un total de 383.712 Indiens encore existants dans le périmètre des États-Unis. 60.000 environ sont établis dans une vaste contrée (l'*Indian Territory*) qui leur a été réservée par des traités au sud du Kansas; ils ne laisseront probablement pas construire de sitôt les deux chemins de fer concédés à travers ce territoire. On estime enfin que la population de l'Alaska, territoire acquis de la Russie en 1867, se compose de 70.000 Indiens ; on y comptait 461 blancs en 1870.

Répartition de la population totale par origines.

La population totale des États-Unis se répartit ainsi qu'il suit à raison du lieu de naissance des habitants et de ceux du père et de la mère de chacun d'eux :

Nés dans les États-Unis	32.989.437
Nés en pays étranger	5.566.546
Dont le père ou la mère ou les deux ensemble sont nés en pays étranger	10.892.015
Dont le père seul est né à l'étranger	10.521.233
Dont la mère seule est née à l'étranger	10.105.627
Dont le père et la mère sont nés tous deux à l'étranger	9.734.845

Ainsi le nombre des Américains étrangers au sol par leur naissance propre ou par celle de leurs ascendants immédiats s'élève à . . . . . 16.458.561 soit à 43 p. 100 de la population totale.

Origines de la population de la Californie.

La Californie avait en 1850 . . . . . 92.597 hab.
et en 1860 . . . . . 379.994
Elle en a en 1870 . . . . . 560.247

D'où lui est venu ce supplément d'un demi-million d'habitants?

La masse totale se divise ainsi qu'il suit :

Nés aux États-Unis	350.416
Nés en pays étranger	209.831

Décomposons ces deux nombres.

Les habitants nés dans la Californie même (y compris 6.251 Indiens) sont au nombre de 169.904; ils forment conséquemment près de moitié de ceux qui sont nés aux États-Unis. Les autres sont venus, savoir :

De l'État de New-York	33.526
Du Missouri	15.759
Du Massachusetts	15.213
De l'Ohio	12.705
Du Maine	11.244
De la Pennsylvanie	11.041
De l'Illinois	10.666
Etc.	

Passons aux habitants d'origine étrangère.

Il en est venu des cinq parties du monde. Nous mentionnerons spécialement les pays suivants :

La Grande-Bretagne (y compris 54.421 Irlandais)	78.647
Les possessions anglaises de l'Amérique du Nord	10.660
L'Allemagne (sans l'Autriche)	29.701
La France	8.063
La Chine	48.790

La ville même de San Francisco compte dans sa population, savoir :

3.548 Français.
13.602 Allemands.
25.864 Irlandais.
11.728 Chinois.

La population totale se répartit en deux groupes de circonscriptions politiques et administratives, savoir : Répartition par États et Territoires.

37 États contenant ensemble	38.115.641 hab.
10 Territoires (non compris l'Alaska)	442.730

L'État le plus peuplé, celui de New-York, a	4.382.759	hab.
L'État le moins peuplé, celui de Nevada, en a	42.491	
Il y a 25 États ayant plus de	500.000	
15 id.	1.000.000	
6 id.	1.500.000	

Ceux-ci sont les États de New-York, de Pennsylvanie, d'Ohio, d'Indiana, d'Illinois et du Missouri. Leur richesse, mobilière ou immobilière, est estimée *en moyenne* à près de 3 milliards de dollars. Ils correspondent à peu près exactement à l'espace compris dans le circuit que nous avons parcouru entre New-York et Omaha. Voilà la tête et le cœur de l'Union américaine.

Des dix Territoires, l'un forme une catégorie à part : c'est celui qu'on appelle District de Colombie (D. C.) et qui contient la cité de Washington. Il a une population totale de. . . . . 131.700 hab.

Le plus peuplé des autres (*le Nouveau-Mexique*) a. 91.874

et le moins peuplé (*le Wyoming*). 9.118

La richesse de ces dix Territoires (sept fois grands comme la France) est estimée à 246 millions de dollars, dont moitié environ pour le seul district de Colombie.

Répartition par comtés.

Dans une note du Chapitre des Chemins de fer, nous avons dit que les États se divisent en comtés d'une étendue uniforme pour tous. L'État de New-York en a 60. La ville même forme un comté dont la population est de. . . 942.292 hab.

Le comté le moins peuplé de l'État, celui d'Hamilton, en a.. . 2.960

Celui qui vient après, celui de Putnam, en a. 15.420

Ces exemples suffisent pour montrer l'extrême diversité que les comtés présentent au point de vue du nombre des habitants.

Population des grandes villes.

Le tableau de la page suivante fait connaître le chiffre de la population des 25 plus grandes villes des États-Unis, — la quantité, absolue ou proportionnelle, dont elle s'est accrue dans les deux dernières périodes décennales, — l'importance actuelle de la population de couleur, — enfin le nombre des habitants nés en pays étranger et notamment en France.

New-York est, après Londres et Paris, la ville du monde qui présente la population la plus considérable. Si d'ailleurs on jette les yeux sur la carte de la contrée environnante, on remarquera que les villes de Brooklyn, de Jersey-City et d'Hoboken (pour ne citer que celles-là) sont de véritables annexes de la cité centrale; or, même restreinte à ces quatre communes, l'agglomération s'élève à 1.441.234 habitants. Les nouveaux venus qui ne peuvent trouver place à New-York s'installent à proximité : dans l'intervalle de 1860 à 1870, la population

Nos D'ORDRE.	VILLES.	POPULATION EN 1850.	AUGMENTATION ABSOLUE.	AUGMENTATION PROPORTIONNELLE.	POPULATION EN 1860.	AUGMENTATION ABSOLUE.	AUGMENTATION PROPORTIONNELLE	1870. POPULATION EN 1870.	NÈGRES.	NÉS EN PAYS ÉTRANGER. NOMBRE ABSOLU.	NÉS EN PAYS ÉTRANGER. PROPORTIONNEL.	NÉS EN FRANCE. NOMBRE ABSOLU.	NÉS EN FRANCE. PROPORTIONNEL.
1.	New-York.	515.547	290.104	0,56	805.651	136.641	0,17	942.292	13.073	419.094	0,44	8.240	0,020
2.	Philadelphie.	121.376	444.153	3,66	565.529	108.493	0,19	674 022	22.147	183.624	0,27	2.471	0,013
3.	Brooklyn.	96.838	169.823	1,75	266.661	129.438	0,48	396.099	4.944	144.718	0,36	1.892	0,013
4.	Saint-Louis.	77.860	82.913	1,06	160.773	150.091	0,93	316.864	22.088	112.249	0,36	2.788	0,025
5.	Chicago.	29.963	82.209	2,75	112.172	186.805	1,66	298.977	3.691	144.557	0,49	1.417	0,010
6.	Baltimore.	169.054	43.364	0,25	212.418	54.936	0,26	267.354	39.558	56.484	0,21	428	0,007
7.	Boston.	136.881	40.959	0,30	177.840	72.686	0,41	250.526	3.496	87.986	0,35	615	0,007
8.	Cincinnati.	115.435	45.609	0,39	161.044	55.195	0,34	216.239	5.900	79.612	0,37	2.000	0,025
9.	La Nouvelle-Orléans.	116.375	22.295	0,19	138.670	52.748	0,38	191.418	50.456	48.475	0,25	8.806	0,181
10.	San Francisco. . . .	»	56.802	»	56.802	92.671	1,63	149.473	1.330	73.719	0,49	3.543	0,048
11.	Buffalo.	42.261	38.868	0,91	81.129	36.585	0,45	117.714	696	46.257	0,39	2.232	0,048
12.	Washington.	40.001	21.121	0,52	61.122	48.077	0,79	109.199	36.455	13.757	0,12	191	0,014
13.	Newark.	38.894	33.047	0,85	71.941	33.118	0,46	105.059	1.789	35.884	0,34	710	0,020
14.	Louisville.	43.194	24.839	0,57	68.033	32.720	0,48	100.753	14.956	25.668	0.25	856	0,033
15.	Cheveland.	17.034	26.383	1,55	43.417	49.412	1,14	92.829	1.293	38.815	0,42	339	0,009
16.	Pittsburg.	46.601	2.616	0,06	49.217	36.859	0,75	86.076	2.015	27.822	0,32	348	0,012
17.	Jersey-City.	6.856	22.370	3,26	29.226	53.320	1,86	82.546	705	31.835	0,38	276	0,009
18.	Détroit.	21.019	24.000	1,11	45.619	33.958	0.72	79.577	2.255	35.381	0,44	760	0,021
19.	Milwaukee.	20.061	25.185	1,25	45.246	26.194	0,58	71.440	176	33.773	0,47	189	0,005
20.	Albany.	50.763	11.604	0,23	62.367	7.055	0,11	69.422	764	22.207	0,31	149	0,007
21.	Providence.	41.513	9.153	0,22	50.666	18.238	0,36	68.904	2.559	17.177	0,25	72	0,004
22.	Rochester.	36.403	11.801	0,33	48.204	14.182	0,29	62.386	427	21.184	0,35	475	0,022
23.	Alleghany.	21.262	7.440	0,35	28.702	24.478	0.85	33.180	1.162	15.308	0,29	619	0.040
24.	Richmond.	21.570	10.337	0,37	37.907	13.131	0,35	51.038	23.110	3.778	0,074	144	0,038
25.	New-Haven.	20.345	18.922	0,93	39.267	11.573	0,29	50.840	1.749	14.356	0,28	133	0,009
	TOTAUX.	1.853.106	1.566.517	0,84	3.419.623	1.478.604	0,43	4.898.227	256.774	1.733.700	0,35	39.693	0,023
	MOYENNES. . . .	74.124	62.660	0,84	136.785	59.144	0,43	195.929	10.270	69.348	0,35	1.587	0,023

n'a crû que de 16 p. 100 à New-York, tandis qu'elle croissait de 48 p. 100 à Brooklyn et de 186 p. 100 à Jersey-City.

Le tableau montre que l'augmentation proportionnelle de la population a été plus faible en général dans la dernière période décennale que dans la précédente. La guerre de la Sécession explique suffisamment ce fait. Des différences en sens contraire se sont produites à Boston par suite d'une annexion territoriale, à Baltimore, à la Nouvelle-Orléans, à Washington, par suite d'immigration des noirs affranchis. Ainsi le nombre des habitants de couleur est aujourd'hui, savoir :

A Baltimore.	39.558	au lieu de	27.898
A la Nouvelle-Orléans.. . .	50.456		24.074
A Washington.	35.455		10.983

Nous avons entendu dire que cette immigration des noirs dans les villes s'est produite partout sur une grande échelle : devenus maîtres de leurs destinées, ils ont déserté les champs pour venir à la ville, cédant à une attraction qui est de tous les temps et de tous les pays, mais que leur état intellectuel devait rendre plus vive. Par suite, les villes seules ont vu leur population s'accroître dans les États du Sud.

Le même fait s'est produit, sans qu'on puisse l'expliquer par la même raison, dans les États du Nord, à l'est de l'Indiana. Ce sont ici les chemins de fer qu'on met en cause : c'est à leur influence qu'on attribue l'état stationnaire de la population des campagnes.

Il n'en est pas ainsi pourtant dans l'Illinois et dans les États ou Territoires qui s'étendent à l'ouest jusqu'à l'océan Pacifique ; la population y a augmenté à la fois dans les villes et dans les villages. Chicago marque à peu près le point central vers lequel s'est porté le principal courant de cette population additionnelle dont l'Union s'est enrichie depuis dix ans. Mais il suffit de jeter les yeux sur le tableau qui précède pour concevoir l'état de mouvement incessant dans lequel se trouve la société américaine tout entière et le contre-coup que l'expansion rapide de la colonisation vers l'ouest fait subir aux États anciens du littoral.

Nous ferons observer enfin que plus du tiers de la population des grandes villes est né en pays étranger. Le contingent français est de 2 ½ pour 100 en moyenne dans les 25 villes que nous avons citées.

Centres de population établis le long du chemin de fer du Pacifique.

L'intérêt d'actualité qui s'attache au chemin de fer du Pacifique nous engage à donner les chiffres précis et *officiels* de la population des villes ou villages dont ce chemin de fer a provoqué la création ou le développement. (Quelques-uns des nombres qui suivent sont inférieurs à ceux donnés dans le chapitre II.)

ÉTAT DE NEBRASKA		
Omaha	16.083	hab.
Fremont	1.195	»
Columbus	526	»
TERRITOIRE DE WYOMING		
Pine Bluffs	147	hab.
Cheyenne	1.450	»
Como	15	»
Carbon	244	»
Rawling's Spring	612	»
Creston	22	»
Bryan	239	»
Aspen	24	»
TERRITOIRE D'UTAH		
Salt-Lake City	12.854	hab.
Ogden	3.127	»
Corinne	783	»
Promontory	43	»
ÉTAT DE NEVADA		
Camp-Halleck	160	hab.
Elko	1.160	»
Carlin	295	»
Battle-Mountain	261	»
Winnemuca	290	»
Humboldt	136	»
Virginia-City	7.048	»
Carson-City	3.042	»
ÉTAT DE CALIFORNIE		
Sacramento	16.283	hab.
Stockton	10.066	»
Oakland	10.500	»

Sur les 12.854 habitants de la ville du Lac-Salé, 7.604 sont nés aux États-Unis et 5.250 en pays étranger.

CONSIDÉRATIONS FINALES

Pour résumer, au point de vue des enseignements techniques qui en découlent, les faits contenus dans ce rapport de mission, nous n'aurions qu'à reproduire les résumés spéciaux par lesquels les différents chapitres se terminent : nous demandons qu'on veuille bien s'y reporter d'abord.

Mais nous voudrions aussi dégager de ces faits et de mille impressions de détail ce que l'on pourrait appeler, en termes un peu ambitieux, la philosophie des travaux publics aux États-Unis. Nous voudrions formuler l'impression générale qui nous reste ; nous le ferons brièvement.

Au point de départ apparaissent, parmi les éléments d'une situation exceptionnelle, deux faits purement moraux dont l'influence semble difficilement contestable.

Ce n'est pas seulement un principe de gouvernement, c'est une idée fixe chez tous les Américains, qu'ils sont appelés à conquérir, à coloniser et à exploiter la totalité de leur continent. D'autres peuples l'avaient tenté avant eux, et les souvenirs qui s'attachent aux précurseurs de la civilisation américaine, depuis l'embouchure du Saint-Laurent jusqu'à celle du Mississipi, ne sont pas sans quelque grandeur[1]. Mais cet ensemble d'efforts pratiques, d'aspirations

[1] On relit aujourd'hui encore avec intérêt les dépêches échangées à ce sujet entre Colbert et les gouverneurs du Canada.

plus ou moins vagues et de pressentiments n'avait abouti qu'à des résultats restreints ou éphémères. Les colonies anglaises elles-mêmes avaient borné leur ambition à l'occupation du littoral. Dès sa naissance, l'Union fédérale semble avoir eu conscience d'une mission providentielle à remplir, et, depuis un quart de siècle surtout, c'est à pas de géant qu'elle a marché dans cette voie. On dirait que les années sont comptées maintenant, et que le jour est venu où les richesses encore inexplorées de cette vaste partie du globe doivent être intégralement et définitivement acquises à la civilisation. — C'est une idée fixe : il y a là une œuvre nationale à laquelle concourent toutes les forces du pays, le Congrès, les États, les villes, et surtout des associations constituées avec l'énergie que donne une foi sans réserve dans l'avenir.

Cependant les Américains ne sont pas exclusivement entraînés par leurs sentiments patriotiques ; ils ne sont pas le peuple qui fait la guerre pour une idée, pour une idée seule : le sang mêlé qui coule dans leurs veines leur fait apprécier plus exactement les conditions d'équilibre de la vie humaine, pour les individus comme pour les nations. Le désir de s'enrichir, — non par l'épargne, mais par le travail et la lutte, — est un trait distinctif de cette race, une passion dominante, universelle, enracinée au point de survivre parfois à la réalisation des plus fantastiques espérances. Dans cette population qui depuis près d'un siècle double en moins de trente ans, tout le monde sans exception travaille, chacun veut améliorer la condition que le sort lui a faite et y emploie jusqu'à son dernier souffle de vie. La mélancolique réflexion de Charles-Quint vieillissant serait ici sans écho ; quel sens aurait-elle pour cet ancien rameur de profession, devenu le commodore Vanderbilt, président du *New-York Central Railroad*, qui possède (dit-on) personnellement plus de 100 millions de dollars, et qui n'en reste pas moins un des plus énergiques et des plus remuants parmi les hauts barons de la féodalité industrielle des États-Unis?

L'intérêt privé s'associe donc avec une ardeur fiévreuse à l'élan national, pour la réalisation d'un programme défini.

Ce programme, nous l'avons dit, consiste essentiellement à coloniser ou exploiter des contrées désertes. Il s'agit d'installer partout des colons ou des mineurs. Aux uns la grande culture et l'élevage des bestiaux, aux autres l'extraction du

charbon et des minerais. La terre est ici privilégiée; féconde et riche, elle livre presque partout ses trésors contre des efforts relativement très-faibles. Mais les blés du Minnesota, les cotons de l'Alabama et du Mississipi, le tabac du Kentucky, le sucre de la Louisiane, les bestiaux du Texas, les bois du Michigan, les charbons de la Pennsylvanie, le fer du Missouri, le cuivre du Lac Supérieur, l'or et l'argent qui, après avoir en quelque sorte fait explosion en Californie, semblent jaillir de jour en jour dans les vastes solitudes du Nevada et de l'Utah, du Wyoming et du Colorado, toutes ces richesses naturelles n'ont sur place que peu de valeur. Pour en tirer parti, il faut les amener aux centres de consommation, au littoral surtout, en face de l'ancien monde. L'industrie des transports apparaît donc ici comme une condition fondamentale et préalable de la grande œuvre; les travaux publics sont une nécessité permanente, une préoccupation universelle de la société américaine.

Voilà, il faut en convenir, un milieu bien favorable et un théâtre bien avantageux pour le développement de l'art des constructions. Tant de grands ouvrages à exécuter rapidement, avec la certitude qu'ils seront suivis de beaucoup d'autres et que l'expérience acquise profitera! Tant de problèmes nouveaux à résoudre et de difficultés exceptionnelles à vaincre! Les ingénieurs doivent surgir spontanément sur une terre pareille. Mais c'est une tâche ardue qu'ils ont à accomplir dans leur coopération à cette conquête pacifique du sol.

La main-d'œuvre est rare en Amérique; elle s'y paye ordinairement plus du double de ce qu'elle est payée en France : il faut conséquemment s'ingénier à s'en passer le plus possible. Les capitaux sont rares aussi, bien que le pays soit riche, aussi riche, dit-on, que la Grande-Bretagne : la valeur des propriétés mobilières et immobilières de l'Union, estimée à 35 milliards de francs en 1850 et à 80 en 1860, a été portée à 150 dans le recensement de 1870[1]. L'argent disponible est beaucoup moins abondant qu'en Angleterre, et la multiplicité des emplois qui s'offrent aux capitaux est telle que, même avec le concours financier de l'Europe, on n'y peut que partiellement suffire. De là résulte que la plus ri-

[1] Exactement 50.068.518.507 dollars.

goureuse économie est une condition qui s'impose absolument à l'organisation des travaux publics. Comme cette disproportion des besoins et des ressources, sur une échelle plus ou moins grande, n'est pas une difficulté spéciale aux États-Unis, il peut être instructif de voir comment ils s'en tirent.

Sur ce point comme sur beaucoup d'autres, les Américains n'ont rien inventé; mais ils suivent avec une rigueur mathématique les suggestions du bon sens. C'est d'abord une règle invariable de leur comptabilité que l'intérêt des fonds déboursés doit être immédiatement porté en dépense et que par conséquent les fonds doivent être employés de manière à rester le moins longtemps possible improductifs. S'agit-il d'un canal? On le construit et on l'exploite avec 1 mètre de profondeur d'eau, en attendant que ce mouillage puisse être doublé. S'agit-il d'un chemin de fer? Plutôt que d'en ajourner la construction, si on la croit motivée, on l'établit tel qu'on peut l'établir avec le capital dont on dispose; on le réduit, au besoin, à deux rails légers sur lesquels circuleront des voitures traînées par des chevaux : si l'entreprise a en effet sa raison d'être, les recettes naissantes seront là pour l'attester, les recettes permettront de changer plus tard les rails et d'installer des locomotives. Quand les Américains admettent des courbes roides, des profils accidentés, des estacades de bois en grume au lieu de remblais, ils savent très-bien que ces ouvrages imparfaits rendront l'entretien et l'exploitation plus onéreux d'abord, ils savent très-bien que les frais de réfection ultérieurs rendront la construction finalement plus coûteuse; mais qu'importe la valeur isolée des divers articles du bilan, si le solde définitif se traduit par des bénéfices nets?

Un second principe consiste, après qu'on a défini son but plus ou moins provisoire, à l'atteindre *sans le dépasser*. Telle paraît être, en tout état de cause, la devise des ingénieurs américains, et elle pourrait servir à caractériser la différence qui les sépare des ingénieurs anglais ou français[1]. On comprend que cette préoccupation de l'économie à outrance ait ses inconvénients; les Américains hésitent beaucoup moins que nous ne le faisons en France à engager jusqu'à la

[1] En évitant si scrupuleusement d'immobiliser sans profit leurs soins et leur argent dans des constructions qui ne doivent pas être éternelles, les Américains appliquent les règles d'économie politique que M. Minard exposait en 1850 dans un article inséré aux *Annales des ponts et chaussées*, IIe série, t. XIX, p. 63.

vie humaine dans cette lutte ardente de l'homme contre les obstacles matériels. Mais quand on n'expose que soi, que sa responsabilité de constructeur, l'audace raisonnée a bien son mérite; elle peut conduire, dans le domaine de la science et de l'industrie, à des progrès que la fortune n'accorde pas à la pusillanimité routinière. Qui n'applaudirait, pour peu qu'on ait le sentiment de l'honneur professionnel, à ces entreprises hardies de M. Eads à Saint-Louis et de M. Roebling à New-York? qui ne sympathiserait avec les doutes secrets, les inquiétudes peut-être, qu'ils ont dû éprouver et dont le terme n'est pas encore arrivé pour eux?

On s'exagère d'ailleurs, si nous ne nous trompons, la témérité et l'insouciance des Américains en général; on s'exagère notamment le nombre des accidents graves qui arrivent sur leurs chemins de fer. Le danger dépendant en grande partie de la vitesse des trains, cette vitesse est moindre sur les lignes dont la stabilité laisse à désirer. Le public en prend son parti, comme il se résigne à bien d'autres inconvénients d'une exploitation imparfaite. C'est que dans ce pays, où les esprits désœuvrés, frivoles ou malades n'ont rien à faire, on a l'habitude de réfléchir avant de se plaindre; chacun se demande si, mis à la place de telle ou telle compagnie, ayant à concilier des droits et des intérêts également respectables, il ferait autrement et mieux qu'elle. C'est là le secret d'une tolérance indispensable aux établissements provisoires, et voilà comment les Américains sont bien près d'avoir 100.000 kilomètres de chemins de fer, presque autant que l'Europe entière en possède : artères puissantes qui répandent partout la séve de la vie et, pour une bonne part, contribuent à procurer à la basse classe elle-même cette aisance (physique et morale) qu'elle ne connaît dans aucun autre pays du monde.

Qu'il s'agisse de la rédaction d'un programme économique ou de l'étude technique des projets et de l'exécution des travaux, les formules générales répugnent aux Américains. Ils pensent qu'on doit trouver, dans beaucoup de cas, des solutions plus simples et mieux adaptées à des conditions spéciales; ils excellent à reprendre en sous-œuvre les problèmes les plus rebattus. Ils sont convaincus d'ailleurs qu'à dix ans d'intervalle on doit mieux faire que ses devanciers, éclairé qu'on est par le résultat de leurs efforts : ils diraient volontiers

avec Pascal que, montés sur les épaules de nos pères, nous voyons plus loin qu'eux.

Cette croyance à une perfectibilité indéfinie leur fait naturellement comprendre les avantages de l'éducation professionnelle, en même temps que le goût des études *a priori* leur fait sentir la nécessité d'une préparation théorique. Le temps n'est plus où l'on pouvait les féliciter spirituellement d'ignorer « les arcanes » de la science et de construire des canaux sans avoir été initiés aux « mystères des ponts et chaussées [1] ». Non, les Américains n'en sont plus là; ils étaient beaucoup trop avisés pour s'en tenir à l'empirisme. Comprenant à merveille que la lettre tue et que l'esprit vivifie, ils ont un respect convaincu pour la vraie science, qui si souvent abrége les tâtonnements, prévient les mécomptes et dénoue les difficultés. Voilà pourquoi la gymnastique intellectuelle préalable est en honneur aux États-Unis; voilà pourquoi des écoles, qui ne datent guère que d'un quart de siècle, y jouissent d'une faveur chaque jour grandissante.

C'est à ce concours de circonstances que nous attribuons les progrès dont l'industrie américaine enrichit incessamment l'art de l'ingénieur. Ainsi s'explique une originalité persistante. Ainsi s'explique surtout ce caractère constant d'utilité pratique que n'ont pas toujours les grandes idées écloses dans un autre pays où nous aimons pourtant à chercher d'instructifs exemples. Les Américains n'ont pas édifié le *Great Eastern*, ce géant des mers, avec ses aménagements combinés d'abord en vue de six mille passagers introuvables : mais, après avoir inauguré sur l'Hudson la navigation à vapeur, ils ont aussitôt construit ces élégants bateaux qui promènent économiquement sur des fleuves peu profonds leurs étages surchargés de voyageurs; et plus tard, par un contraste saisissant de génie, le jour où ils eurent besoin de faire la guerre maritime, ils improvisèrent ces terribles *monitors* dont une ou deux tourelles som-

[1] Lettres sur l'Amérique du Nord, t. II, p. 58; *Annales des ponts et chaussées*, 1837, t. XIV, p. 109. — Le souvenir de cette inoffensive épigramme m'a fait sourire plus d'une fois dans le cours du voyage. Je vois encore, dans le haut de la vallée du Lehigh, des bajoyers d'écluse restés piteusement debout au milieu de la rivière, attestant qu'il y eut là naguère des barrages. La rivière ne se lassant pas de les emporter, la compagnie concessionnaire s'est lassée de les reconstruire. C'est que, pour les travaux hydrauliques, l'initiation est de rigueur; les eaux sont impitoyables : on n'en saurait conjurer les maléfices avec des formules empruntées à un aide-mémoire.

bres décèlent seules la présence à la surface de l'Océan, ces monitors qui, d'abord accueillis en Europe avec un peu de dédain, n'en sont pas moins devenus dans ces dernières années le type exclusif des navires de combat. — Les Américains n'ont pas creusé le premier tunnel de la Tamise, et surtout ils ne se seraient pas obstinés, par une coquetterie d'artiste, à l'établir à une aussi faible profondeur en contre-bas du lit du fleuve ; mais ils percent résolûment des galeries souterraines pour relier les rues interceptées par la rivière de Chicago ; ils vont puiser l'eau à trois kilomètres de la rive dans les profondeurs immaculées du lac Michigan, et l'un de ces jours on annoncera que les trains de New-York à San Francisco passent sous le fleuve qui conduit les eaux du lac Huron dans le lac Érié.

Sans jamais dévier de ce point de vue purement utilitaire, les Américains sont néanmoins arrivés à donner à leurs œuvres des proportions qui étonnent. Champollion le jeune disait des monuments d'Égypte qu'ils semblent avoir été bâtis par des géants et pour des géants ; c'est bien là, en effet, l'impression qu'on éprouve lorsqu'on franchit le seuil des palais de Karnak et de Luxor : involontairement on se redresse, comme pour se hausser à la taille de ces souverains d'un autre âge. Mais on se sent bientôt oppressé en songeant à ce qu'ont dépensé là de force musculaire des armées d'esclaves travaillant durant des siècles. Eh bien, cette double impression nous est plus d'une fois revenue à la mémoire sur le continent américain. Ces ponts de cent mètres d'ouverture tombés dans la pratique courante, ces travées suspendues d'un demi-kilomètre de longueur, ces caissons de seize ares de superficie qu'on fait descendre avec une précision mathématique à travers le sable à trente mètres de profondeur sous l'eau, ces chemins de fer qui s'établissent en quatre ou cinq ans sur des milliers de kilomètres à travers les solitudes de la nature primitive, tout cela déroute les idées reçues au sein des nations qui pourtant tiennent encore le flambeau de la science. Les Américains semblent avoir, eux aussi, dans l'architecture des travaux publics, abandonné un *module* vieilli et agrandi l'unité de mesure. Mais, à leur éternel honneur, en relevant définitivement l'homme de son ancien rôle de bête de somme, philosophes sans le savoir ils ont transformé en une réalité palpable la souveraineté de l'esprit sur la matière.

Tels sont les traits généraux qui nous ont paru caractériser la physionomie des travaux publics de l'autre côté de l'Océan. S'ils dérivent en grande partie d'une situation exceptionnelle, ils n'en constituent pas moins un foyer spécial de lumière sur lequel, de temps à autre, l'ancien monde peut fixer utilement ses regards.

Paris, le 31 octobre 1871.

ÉMILE MALÉZIEUX

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.

I. — *Objet de la mission*, page 1. — *Itinéraire suivi*, 2.

II. — *Cadre du compte rendu*, 5.

III. — *Coup d'œil général sur les grandes voies de communication des États-Unis.*
Esquisse géographique, 5. — Périodes d'exécution des routes, des canaux, des chemins de fer, 10. — Autorités dont les travaux publics dépendent, 13.

CHAPITRE I. — ROUTES ET PONTS.

§ 1. — Des routes et chemins, 17.

§ 2. — Des ponts en général aux États-Unis.

I. — *Aperçu des divers systèmes*, 19.

II. — *Revue sommaire des ponts sur lesquels des renseignements ont pu être recueillis.*

A. Versant de l'Atlantique, 21. — B. Bassin du Mississipi, 24. — C. Bassin du Saint-Laurent, 29.

§ 3. — Des ponts en charpente du système Howe, 31.

Pont de Landing-Creek, 31. — Pont de Weldon, 32. — Pont du Havre-de-Grâce, 32. — Chemin de fer du Pacifique, 32.

§ 4. — Des ponts en poutres ou fermes métalliques a grandes mailles.

Classification des poutres, 33. — Nature des pièces dont les poutres à grandes mailles se composent, 34. — Mode de calcul, 36.

1re classe. — Poutres en bowstring, 37.
Passerelle du Croton, 37. — Pont de Harlem, 37.

2e classe. — Poutres armées.
1° Poutre Fink, 38. — 2° Poutre Bollman, 43. — 3° Conduites d'eau, 47.

3e classe. — Poutres à deux semelles horizontales.
1° Poutre Howe ou Jones, 47. — 2° Poutre Murphy-Whipple, 51. — 3° Poutre Linville, 52. — 4° Poutre Post, 52. — 5° Poutre à triangles, 54.

Du mérite comparatif des poutres ou fermes métalliques, 55. — Hauteur des poutres et largeur des panneaux, 60. — Fermes métalliques pour travées restreintes et pour ponts-tournants, 61.

§ 5. — Des ponts suspendus.

Conditions d'établissement des grands ponts modernes, 63. — Ponts suspendus établis par M. John A. Roebling antérieurement au pont d'aval du Niagara, 63. — Pont d'aval du Niagara, 65. — Pont de Pittsburg sur l'Alleghany, 66. — Pont de Cincinnati sur l'Ohio, 67. — Pont de Niagara-Falls, 67.

Observations générales, 69. — Fabrication des câbles, 70. — Mode d'attache des câbles, 71. — Réglage, 73.

Pont en construction entre New-York et Brooklyn, 75. — Pont projeté sur l'Hudson, 76.

Conclusions sur les ponts suspendus, 77.

§ 6. — Détails spéciaux sur trois ponts en cours d'exécution.

I. — *Pont d'Omaha.*

Objet du pont, 78. — Conditions principales d'établissement, 78. — Fondation tubulaire, 79.

II. — *Pont de Saint-Louis.*

Renseignements préliminaires, 81.

A. Superstructure.

Idée sommaire du projet, 82. — Premières difficultés de fabrication, 84. — Supériorité attribuée à l'acier chromique sur l'acier carburé, 84.

B. Fondations.

1° Culée de l'Ouest, 85.

2° Pile de l'Est, 86. — Disposition du caisson, 86. — Position des écluses à air, 87. — Pompe ou siphon à sable, 87. — Enceinte supérieure en tôle, 88. — Enfoncement, 88. — Rupture de l'enceinte, 89. — Batardeau supporté, 90. — Télégraphe, 90. — Remplissage de la chambre de travail, 90. — Pression de l'air dans la chambre de travail, 91. — Effet de l'air comprimé sur les hommes, 91.

3° Pile de l'Ouest, 93.

4° Culée de l'Est, 94. — Nombre et diamètre des puits et des écluses à air, 94. — Position des écluses, 95. — Ascenseur, 95. — Caisson en bois et tôle, 95. — Remplissage de la chambre de travail, 96. — Éclairage du caisson, 96.

C. Machine à essayer les matériaux, 98.

III. — *Pont de la Rivière de l'Est (New-York).*

A. Conditions d'établissement, 100.

Programme économique, 100. — Programme technique, 102.

B. Fondation des piles.

1° *Pile de Brooklyn :*

Indications générales, 103. — Nature du terrain, 104. — Plateau de fondation, 104. — Caisson, 104. — Cloisons de la chambre de travail, 106. — Puits d'extraction des déblais, 106. — Puits d'accès des ouvriers, 108. — Puits d'approvisionnement, 108. — Tubes spéciaux, 109. — Eau, 109. — Air comprimé, 109. — Éclairage, 110. — Expulsion d'eaux vaseuses, 111. — Expulsion des matières fécales, 111. — Marche du travail, 111. — Échouage du caisson, 111. — Incidents divers, 112. — Personnel du chantier, 113.

2° *Pile de New-York :*

Modifications projetées en 1870, 115.

§ 7. — De l'établissement des ponts considéré au point de vue de la navigation, 115.

Législation actuelle, 115. — Projet de loi présenté pour les ponts de la rivière d'Ohio, 117.

§ 8. — Conclusions sur les routes et ponts.

1° Superstructure des ponts, 119. — Idée mère sur l'emploi du métal, 122.

2° Fondations à l'air comprimé, 123.

CHAPITRE II. — CHEMINS DE FER.

1re SECTION. — **Renseignements généraux.**

1. — Coup d'œil général sur les chemins de fer des États-Unis.

Développement actuel, 127. — Réseaux, 128. — Dépense d'établissement, 129. — Situation financière, 129.

§ 2. — Construction.

I. — *Voie.*

Courbes, 130. — Pentes, 131. — Terrassements, 131. — Clôtures, 132. — Passages à niveau, 133. — Ouvrages d'art, 133. — Largeur de voie, 133. — Traverses, 134. — Rails, 135. — Éléments d'un chemin de fer de premier ordre, 135. — Changements de voie (aiguille Wharton), 136. — Gares et stations, 138. — Télégraphe électrique, 138. — Réservoirs à eau, 138.

II. — *Matériel roulant.*

A. Quelques mots sur les locomotives : différences caractéristiques, 139.

B. Caisses des wagons à voyageurs, 140.

1° Wagons ordinaires.

Dimensions générales, 141. — Escaliers d'accès, 141. — Portes, 142. — Couloir central, 142. — Siéges, 142. — Fenêtres, 143. — Ventilation, 143. — Chauffage, 144. — Éclairage, 144. — Cabinets d'aisances, 144. — Eau glacée, 145. — Communication des voyageurs avec le mécanicien, 145. — Marchands ambulants, 145. — Fumeurs, 145.

2° Wagons spéciaux :

Wagons à compartiments clos et à salons, 145. — Wagons-restaurants, 146. — Wagons à lits, 147. — Wagons-hôtels, 150. — Mode d'exploitation des wagons de luxe, 150. — Wagons à banquettes longitudinales, 151. — Wagons locomotives, 151.

C. Des trucks de wagons.

Trois systèmes, 152. — Wagons Pullman, 153. — Locomotives et tenders, 154. — Roues et essieux, 154.

D. Freins et attelage.

Freins. — Frein ordinaire, 155. — Frein à air comprimé, 156. — Frein à contre-vapeur, 156.

Attelage. — Système ordinaire, 157. — Système Miller, 157.

E. Résumé des traits distinctifs des wagons américains, 159.

§ 3. — Exploitation.

I. — *Service des voyageurs*, 160.

1° Composition des trains, 160. — 2° Personnel des trains, 162. — 3° Personnel des stations, 162. — 4° Billets, 163. — 5° Bagages, 165. — Conclusions, 167.

II. — *Vitesse des trains.*

III. — *Tarifs kilométriques :*

1° Voyageurs, 173. — 2° Marchandises, 175.

IV. — *Trafic*, 176.

Fréquentation, 176. — Valeur des marchandises transportées, 182. — Recettes, 182.

V. — *Renseignements statistiques particuliers aux chemins de fer de l'État de New-York*, 183.

VI. — *Accidents.*

Chemin de fer de l'Érié, 184. — Chemins de fer de l'État de New-York, 184. — Premiers soins à donner aux blessés, 185. — Dommages-intérêts en cas d'accidents, 186.

2e SECTION. — **Détails particuliers sur quelques lignes.**

§ 1. — Le chemin de fer du Pacifique.

I. — *Préliminaires.*

Intérêt spécial du chemin de fer du Pacifique, 187. — Historique, 188. — Concession, 188.

II. — *Description de la ligne,*

Idée générale, 192.

1re *section,* d'Omaha à Cheyenne [830 kilom.], la prairie du Nebraska, 194.

2e *section,* de Cheyenne à Creston [356k], les Montagnes Rocheuses, 197.

3e *section,* de Creston à Aspen [314k], bassin de la Rivière Verte, 199.

4e *section,* des montagnes de Wasatch à celles de Humboldt [369k], bassin du Lac-Salé, 201.

5e *section,* des montagnes de Humboldt au pied de la Sierra-Nevada [651k], vallée de Humboldt, 205.

6e *section,* de Reno à Sacramento [246k], la Sierra-Nevada, 207.

7e *section,* de Sacramento à San Francisco [224k], la Californie, 210.

III. — *Exploitation.*

Voie, 212. — Stations, 213. — Matériel roulant, 213. — Trains, 213. — Heures, 214. — Prix, 214. — Produits, 215. — Avenir commercial, 215.

IV. — *Autres lignes de jonction du Mississipi avec l'océan Pacifique.*

Northern Pacific, 216.

Kansas Pacific, 217.

Atlantic and Pacific, 218.

Memphis El-Paso and Pacific, 218.

§ 2. — Du transport des charbons de la Pennsylvanie, 219.

I. — *Mines.*

Renseignements divers, 220. — Appareil d'épuisement de M. Hecksher, 221. — Coal-Breaker (appareil mécanique pour la préparation de l'anthracite), 222.

II. — *Plans inclinés.*

Plan incliné de Mahanoy, 225.

Plans inclinés de Wilkesbarre, 229.

Plans inclinés de Carbondale, 231.

Observations générales, 235.

III. — *Grandes voies de transport.*

A. Voies dirigées vers le Nord :

1° Canal de North-Branch, 237.

2° Chemin de fer de Williamsport à Elmira, 238.

3° Chemin de fer Delaware, Lackawanna et Western (partie Nord), 238.

4° Chemin de fer Pennsylvania et New-York, 238.

Charbons bitumineux de Blossburg et de Barclay, 239.

B. Voies dirigées vers le littoral :

1° Chemin de fer de l'Érié, 240.

2° Canal de la Delaware à l'Hudson, 241.

3° Chemin de fer Delaware, Lackawanna et Western (partie Sud), 242.

4° et 5° Chemins de fer de la vallée du Lehigh, 242.

6° Chemin de fer du Lehigh à la Susquehanna, 243.

7° et 8° Lehigh canalisé, 243.

9° Schuylkill canalisé, 243.

10° Chemin de fer de Philadelphie à Reading, 243.

11° Chemin de fer de Sunbury à Harrisburg, Lebanon et Reading, 246.

12° Chemin de fer de Sunbury à Baltimore, 246.

13° Chemin de fer de Baltimore à l'Ohio, 246.

Pont projeté sur l'Hudson, 250.

Observations, 251.

3e SECTION. — **De la législation américaine en matière de chemins de fer.**

Observations préliminaires, 252.

§ 1. — Du mode de constitution des Compagnies et des droits dont elles jouissent.

Acte constitutif, 253. — Fusions, 254. — Droits que possède une Compagnie constituée, 255. — Fixation éventuelle d'un tracé litigieux, 256. — Expropriation, 256. — Droits relatifs à l'exécution des travaux, 258. — Délais d'exécution, 258. — Mode d'exploitation, 258. — Transport des dépêches des États-Unis, 259.

§ 2. — Police des chemins de fer.

A. Clôtures et passages à niveau. Poids des rails, 259. — *B*. Paliers extérieurs des wagons. Roues en fonte. Cloche et sifflet à vapeur. Eau fraîche. Chèques des bagages, 260. — *C*. Isolement des wagons à bagages, 260. — *D*. Heures des trains, 260. — *E*. Perception du prix des places. Vente des billets. Vol ou contrefaçon des mêmes. Marchandises non réclamées, 261. — *F*. Service du contrôle, 261. — *G*. Dégradations. Introduction sur la voie, 261. — *H*. Répression. Ivresse. Uniforme, 262. — Protection due aux animaux transportés, 262.

Conclusions sur les chemins de fer, 263.

CHAPITRE III. — NAVIGATION INTÉRIEURE.

1re SECTION. — **Rivières.**

§ 1. — Procédés employés pour l'amélioration des rivières.

I. — *Dragages*.

A. Drague à cuiller, 267.

B. Drague de Morris et Cumings, 272.

C. Appareil du colonel Long pour le creusement des chenaux dans le sable, 274.

D. Bateau excavateur du général Mac Alester, 275.

E. Enlèvement des *snags* ou arbres implantés dans le sable des rivières, 276.

II. — *Crib-works* (*coffrages garnis d'enrochements*), 278.

III. — *Barrages mobiles*, 280.

§ 2. — Revue des travaux en cours d'exécution, 282.

I. — *Versant du Pacifique*, 282.

II. — *Bassin du Mississipi*.

Idée générale, 282. — Répartition du service entre les ingénieurs du gouvernement, 283.

A. Le Mississipi, 284.

Inconvénient des rapides de Rock-Island et des Moines, 284. — Amélioration des rapides de Rock-Island, 286.

Amélioration des rapides des Moines : État des lieux, 287. — Projet du général Wilson, 288. — Nomination d'une commission spéciale, 288. — Cadre du rapport de la commission, 289. — Estimations comparatives, 290. — Conclusions de la commission, 290.

Entretien ordinaire du Haut-Mississipi, 291.

Amélioration de l'embouchure du Mississipi, 292.

Digues de défense du Bas-Mississipi contre les inondations, 293.

B. Le Missouri, 294.

C. Le Wisconsin, 296. — Souvenirs historiques, 297.

D. L'Illinois et le canal de jonction de cette rivière au lac Michigan, 297.

E. L'Ohio, 300.

F. Le Tennessee, 302.

III. — *Bassin de l'Atlantique*, 303.

Jetée du Saco, 303. — Guide-eau d'essai à l'embouchure de la Susquehanna, 303. — L'Hudson, 304.

IV. — *Bassin du Saint-Laurent*, 307.

A. Ligne navigable du lac Supérieur à l'océan Atlantique :

Subdivisions, 307. — Navigation artificielle, 308. — Mouvement commercial, 309.

B. Ports américains des Grands Lacs :

Nomenclature, 310. — Eagle, 312. — Marquette, 312. — Green Bay, 312. — Sheboygan, 313. — Milwaukee, 313. — Kenosha, 313. — Chicago, 313. — Michigan-City, 314. — Saint-Joseph, 314. — Buffalo, 314.

C. Rivières et canaux de jonction des Grands Lacs :

Rivière Sainte-Marie, 315. — Rivière Saint-Clair, 315. — Canal Welland, 315.

D. Fleuve Saint-Laurent :

Ogdensburg, 317. — Les dérivations, 317. — La rivière libre, 318. — Village et canal de la Chine, 319. — Balisage, 320. — Remorquage, 320. — Montréal, 321.

E. Lac Champlain, 322.

Plattsburg, 323. — Burlington, 323. — Lac George, 324.

§ 3. — Des bateaux a vapeur.

I. — *Bateaux ordinaires.*

Les roues à aubes et l'hélice, 325. — Remorquage, 325. — Steamboats ordinaires, 326.

II. — *Ferry-boats ou bacs*, 327.

A. Passages d'eau pour piétons et voitures : 1° Fulton-Street (New-York), 328. — 2° Omaha, 330. — 3° Saint-Louis, 331. — 4° Oakland, 332.

B. Passages d'eau pour wagons : 1° la Chine, 332. — 2° Détroit, 333. — 3° Saint-Charles, 333. — Application éventuelle à la traversée du Pas-de-Calais, 334.

2° SECTION. — **Canaux.**

Développement actuel, 336. — Additions projetées, 336.

§ 1. — Ouvrages d'art spéciaux.

I. — *Écluses de chute.*

Fondations, 337. — Bajoyers, 337. — Murs de chute, 339. — Buscs, 339. — Remplissage du sas, 339. — Vidange du sas, 340.

Portes d'écluses : 1° Porte à rabattement, 340. — 2° Portes pleines du Canada, 342. — 3° Grandes écluses du Mississipi, 343.

Ventelles tournantes, 343.

II. — *Écluses de pesage*, 344.

III. — *Ponts-canaux*, 345.

§ 2. — Les canaux de l'État de New-York.

1re partie. — construction.

I. — *Situation géographique*, 346.

II. — *Tracé, profil en long et alimentation des canaux.*

1° Canal Érié : Époque de construction, 347. — Tracé, 347. — Alimentation, 350. — Chute des écluses, 351. — Rigoles ou canaux alimentaires, 351.

2° Canal Champlain, 352.

3° Canal de la rivière Black, 353.

4° Canal du lac Onéida, 354.

5° Canal d'Oswego, 354.

6° Canal de la vallée Genesee, 354.

7° Canal Cayuga et Seneca, canal Chemung, 355.
8° Canal du Chenango, 356.
Détails sur quelques réservoirs : Réservoir de Ruyter, 356. — Digues-barrages, 357. — Bief de partage de Jordan, 357. — Réservoirs de la rivière Black, 358.

III. — *Capacité des canaux.*
Dimensions de la cuvette et des écluses, 358. — Profil transversal, 358. — Dimensions des bateaux, 360. — Capacité de fréquentation des écluses, 362.

IV. — *Renseignements statistiques sur les ouvrages d'art.*
1° Nombre, quantité et dépense approximative des ouvrages d'art du canal Érié, 364. — 2° Longueur cumulée des ouvrages d'art du canal Érié, 364. — 3° Ponts existants sur les canaux de l'État de New-York, 365. — 4° Étanchements, 365.

2e PARTIE. — EXPLOITATION.

I. — *Administration des canaux :*
Personnel, 366. — Règlement de police, 367

II. — *Mode d'entretien des canaux*, 368.

III. — *Exploitation technique :*
Nombre des éclusées, 369. — Chargement moyen des bateaux, 369. — Vitesse des bateaux, 369. — Traction, 369.

IV. — *Exploitation commerciale :*
1° Classification des matières transportées sur les canaux de l'État de New-York, 370.
2° Mouvement de ces canaux en 1869, 371.
3° Mouvement comparatif du New-York Central et de l'Érié, 372.
4° Proportions des diverses classes de matières transportées, au triple point de vue de la quantité, de la valeur et des droits perçus, 372.
5° Répartition par canaux des matières embarquées en 1869, 373.
6° Indication des courants principaux du commerce, 373.
7° Résumé du trafic pour le réseau entier, 374.
8° De l'estimation du fret sur les canaux, 374.
9° Prix du transport sur le canal Érié, 377.
10° Tarif des droits de navigation, 379.
11° Situation financière des canaux de l'État de New-York, 380.
12° Concurrence du canal Érié et des chemins de fer parallèles, 382.

CONCLUSIONS SUR LA NAVIGATION INTÉRIEURE, 385.

CHAPITRE IV. — PORTS DE MER.

1re SECTION.

§ 1. — DRAGAGES.
[Pour mémoire, voir le chapitre de la Navigation intérieure.]

§ 2. — ENLÈVEMENT DE ROCHES SOUS-MARINES.
I. — *Tower-Rock et Corwin-Rock, à Boston*, 391.
II — *Blossom-Rock, à San Francisco* :
Mines superficielles, 393. — Trous de mines, 394. — Projet du général Alexander, 394. — Projet de M. von Schmidt, 394. — Pourparlers préalables, 395. — Exécution, 395. — Résultats, 397. — Conclusion, 398.
III. — *Hell-Gate, à New-York :*
Travaux de Hallet's Point, 399. — Plate-forme volante, 401. — Perforatrices, 401.

§ 3. — Formes de radoub.

I. — *Formes de New-York.*

Forme d'Hoboken, 403. — Tins et accores ajustables de M. Parlour, 404.

II. — *Formes de San Francisco :*

Forme en maçonnerie, 406. — Forme flottante, 406.

2e SECTION.

§ 1. — Coup d'œil général sur les travaux maritimes en cours d'exécution ou en projet, 408.

§ 2. — Le port de New-York :

Situation topographique de la ville, 409. — La baie, 410. — Les docks (ou quais), 411. — Importance du port, 413. — Avantages et inconvénients des quais actuels, 416.

Mesures administratives prises en vue de l'amélioration des quais, 417.

Enquête : A. Mur de quai, 418. — B. Supports isolés des nouveaux quais, 420. — C. Magasins à édifier sur les quais, 422. — D. Destination de la zone de ceinture, 422. — E. Évacuation des matières d'égout, 423. — F. Conservation des bois et des fers, 423. — Premières conclusions de la commission d'enquête, 425.

§ 3. — Ports de refuge de la Delaware.

Brise-lames, 426.

§ 4. — Port de San Francisco.

La baie, 431. — Les marées, 431. — La ville, 432 - Les quais, 433.

Conclusions sur les ports de mer, 433.

CHAPITRE V. — TRAVAUX MUNICIPAUX.

1re SECTION. — **Voie publique.**

I. — *Des rues.*

Disposition générale, 438. — Mode de désignation, 438. — Largeur, 439. — Tableaux indicateurs, 440.

II. — *Chaussées.*

Nouveaux pavages en bois, 442. — Trottoirs. — Plans-types des maisons riveraines, 446.

III. — *Chemins de fer des rues.*

A. Chemins de fer à traction de chevaux ou tramways : Leur importance aux États-Unis, 447. — Voie, 448. — Matériel roulant, 449. — Exploitation, 450. — Perception, 451. — Prix des places, 452. — Précautions contre les accidents, 452. — Chemins de fer à traction de chevaux dans la ville de New-York, 453 : — dans l'État de New-York, 455. — Omnibus ordinaires à New-York, 454.

B. Chemin de fer « aérien » de New-York, 455.

IV. — *Ponts-tournants et tunnels sous l'eau à Chicago.*

Situation topographique de la ville, 456. — Ponts-tournants, 456. — Tunnel de Washington-Street, 457. — Tunnel de La Salle-Street, 458. — Mode d'exécution, 459.

V. — *Gare aux bestiaux de Chicago*, 459.

VI. — *Égouts de New-York*, 459.

VII. — *Le Central Park de New-York.*

Opération financière, 460. — Fréquentation, 461.

VIII. — *Éclairage public.*

Le gaz à New-York, 462. — Prix du gaz dans différentes villes des États-Unis, 463.

2e SECTION. — **Distributions d'eau.**

I. — *New-York.*

Renseignements historiques, 464. — Capacité de l'aqueduc du Croton, 465. — Tracé, 465. — Profil en long, 466.

Mode de construction des ouvrages : Corps de l'aqueduc, 467. — Aqueduc en remblai, 468. — Aqueducs sous la conduite, 469. — Regards, 469.

Barrage du Croton, 469. — Pont-aqueduc de Sing-Sing, 470. — Pont-siphon de Harlem-River, 470. — Siphon de Manhattan, 472. — Réservoirs d'emmagasinement, 472. — Réservoirs de réception, 473. — Réservoir de distribution, 473. — Ensemble des réserves, 474.

Haut-service, 474. — Abaissement de deux conduites, 475. — Conduites immergées, 475. — Essai des tuyaux, 476. — Distribution proprement dite, 476.

Qualité de l'eau, 476. — Consommation, 477. — Tarifs d'abonnement, 477. — Recettes, 479.

II. — *Boston*, 479.

III. — *Washington.*

Historique, 481. — Débit et consommation, 482. — Barrage de prise d'eau, 482. — Ponts-aqueducs en maçonnerie, 482. — Réservoirs, 483. — Conduites curvilignes en fonte pour ponts, 484.

IV. — *Philadelphie.*

Idée générale de la distribution, 485.

A. Usine hydraulique de Fairmount : Barrage de prise d'eau, 486. — Force motrice, 487. — Roues hydrauliques, 487. — Pompes, 488. — Conduite de refoulement, 488. — Colonnettes en tôle du Phœnix, 488.

B. Usine du Schuylkill : Machine à balancier latéral, 489. — Colonnes d'eau régulatrices du jeu des pompes, 489.

C. Usine de Belmont : Bâtiment des machines, 490. — Pompes à vapeur de Worthington, 491. — Chaudières, 492. — Réservoir de George's Hill, 493.

D. Traversée des vallées du Wissahickon et du Schuylkill : 1° Le Wissahickon (file de conduites supportée par des chaînes articulées), 493. — 2° Le Schuylkill (conduites à joints flexibles immergées), 495.

E. Volume d'eau distribué et prix de revient, 496.

V. — *Chicago.*

Distribution d'eau de 1840, 496. — Usine municipale créée en 1851, 497.

Améliorations récentes, 497. — A. Creusement d'un puisard en 1866-67, 498. — B. Tunnel du Lac (1864-1867) : Idée générale de l'ouvrage, 499. — 1° Puits de la rive, 500. — 2° Galerie sous l'eau (section, gaz inflammables, aérage, éclairage, mise en eau, transmission du son), 500. — 3° Puits du Lac (crèches d'enceinte, fonçage du cylindre, superstructure), 503.

État actuel de la distribution d'eau, 504

VI. — *Montréal*, 504.

VII. — *Diverses villes des États-Unis*, 505.

Conclusions sur les travaux municipaux, 507.

CHAPITRE VI. — OBJETS DIVERS.

§ 1er. — Appareils de transbordement et de bardage, 511.

1re *catégorie. — Colis ou marchandises emballées*, 512.

Navires, 512. — Bateaux de rivière, 513. — Chemins de fer, 513. — Camions, 514. — Glissières d'introduction des colis dans les sous-sols, 514.

Appareils élévatoires : Élévateur extérieur à treuil pour les sous-sols, 515. — Élévateur intérieur à poulie simple, 515. — Ascenseur à bras, 515. — Ascenseur à vapeur, 516. — Ascenseurs à contre-poids, 517.